

KONSTANTY HALLER

INŻYNIER

---

# PORADNIK BUDOWNICZEGO

---

228 rys. w tekście

---

PODRĘCZNIK DO UŻYTKU  
ARCHITEKTÓW, INŻYNIERÓW,  
TECHNIKÓW, STUDENTÓW.

---

SKŁAD GŁÓWNY W INSTYTUCIE POPIERANIA POLSKIEJ  
TWÓRCZOŚCI NAUKOWEJ p. n. „KASA IM. REKTORA  
— MIANOWSKIEGO, WARSZAWA (PAŁAC STASZYCHA) —

---

NAKŁAD AUTORA  
1924 ROK.

# SPIS RZECZY.

Str.

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Omyłki zauważone po wydrukowaniu | XV |
|----------------------------------|----|

## Rozdział I.

### A. MATEMATYKA.

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Tabela Nr. 1 -- Ważniejsze wartości liczbowe                                                                      | 1  |
| 2. Tabela Nr. 2 -- Pierwiastki kwadratowe i sześciennicze niektórych ułamków                                         | 1  |
| 3. Tabela Nr. 3 -- Potęgi, pierwiastki, wartości odwrotne, obwody i powierzchnie koła                                | 2  |
| 4. Tabela Nr. 4 -- Potęgi piąte liczb od 0,0 do 1,25                                                                 | 22 |
| 5. Tabela Nr. 5 -- Wartości wyrażenia $e^x$                                                                          | 23 |
| 6. Tabela Nr. 6 -- Mantysy logarytmów Brygga                                                                         | 23 |
| 7. Tabela Nr. 7 -- Logarytmy naturalne Nepera                                                                        | 25 |
| 8. Pomiar kątown płaskich                                                                                            | 26 |
| 9. Funkcje trygonometryczne:                                                                                         |    |
| a. Tabela Nr. 8 -- Sinus i Cosinus                                                                                   | 27 |
| b. Tabela Nr. 9 -- Tangens i Cotangens                                                                               | 29 |
| 10. Tabela Nr. 10 -- Długości łuku i strzałki, długość cięciwy, powierzchnia odcinka kołowego                        | 32 |
| Tabela Nr. 10 a -- Długość łuku, powierzchnia odcinka kołowego według podanego stosunku strzałki a długością cięciwy | 34 |
| 11. ALGEBRA.                                                                                                         |    |
| a. Równania                                                                                                          | 35 |
| b. Dwumian Newton'a                                                                                                  | 36 |
| c. Logarytmy                                                                                                         | 36 |
| d. Proporcje                                                                                                         | 37 |
| e. Procenty                                                                                                          | 37 |
| f. Postępy                                                                                                           | 37 |



## 12. TRYGNOMETRJA.

|                                             | Str. |
|---------------------------------------------|------|
| a. Wzory podstawowe . . . . .               | 38   |
| b. Wzory ogólne dla rozwiązywania trójkątów | 39   |
| c. Rozwiązywanie trójkątów prostokątnych    | 39   |
| d. Rozwiązywanie trójkątów ukośnokątnych    | 40   |
| e. Rozwiązywanie wieloboków foremnych .     | 41   |

## 13. GEOMETRJA.

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| a. Figury płaskie:                                                              |    |
| 1. Trójkąt . . . . .                                                            | 42 |
| 2. Czworokąt . . . . .                                                          | 42 |
| 3. Wieloboki foremne . . . . .                                                  | 43 |
| 4. Koło . . . . .                                                               | 43 |
| 5. Odcinek koła . . . . .                                                       | 43 |
| 6. Wycinek koła . . . . .                                                       | 44 |
| 7. Odcinek pierścienia . . . . .                                                | 44 |
| 8. Elipsa i tabela Nr. 11 . . . . .                                             | 44 |
| 9. Parabola . . . . .                                                           | 45 |
| 10. Figury nieforemne . . . . .                                                 | 45 |
| b. Powierzchnie i objętości ciał:                                               |    |
| 1. Pryzmat i walec . . . . .                                                    | 47 |
| 2. Klin o powierzchni walcowej . . . . .                                        | 47 |
| 3. Ostrosłup i stożek kołowy . . . . .                                          | 48 |
| 4. Obelisk, klin . . . . .                                                      | 48 |
| 5. Pryzmatoid . . . . .                                                         | 49 |
| 6. Kula, odcinek kuli, pas kulisty, wycinek kuli, klin kulisty . . . . .        | 49 |
| 7. Beczka . . . . .                                                             | 50 |
| 8. Elipsoid obracania . . . . .                                                 | 50 |
| 9. Parabaloid obracania . . . . .                                               | 50 |
| 10. Pierścień, obręcz . . . . .                                                 | 51 |
| 11. Ogniwo łańcucha . . . . .                                                   | 51 |
| c. Wielościany:                                                                 |    |
| 1. Tabela Nr. 12 — powierzchnie i objętości niektórych wielościanów foremnych . | 51 |
| 2. Niektóre zależności pomiędzy elementami wielościanów . . . . .               | 52 |

## 14. Zasady rachunku różniczkowego i całkowego:

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| a. Ogólny wzór różniczkowania wyrażenia $ax^m$ | 52 |
| b. „ „ całkowania wyrażenia $ax^n$ .           | 53 |
| c. Tabela Nr. 13 — różniczek i całek .         | 54 |

## 15. GEOMETRIA ANALITYCZNA.

Str.

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| a. Równania pierwszego stopnia . . . . .              | 56 |
| b. Równania drugiego stopnia (linje krzywe) . . . . . | 56 |
| 1. Obwód koła . . . . .                               | 56 |
| 2. Elipsa . . . . .                                   | 57 |
| 3. Hyperbola . . . . .                                | 58 |
| 4. Parabola . . . . .                                 | 59 |
| c. Wykreślenie niektórych linii krzywych:             |    |
| 1. Łuk kołowy . . . . .                               | 61 |
| 2. Elipsa (trzy sposoby) . . . . .                    | 61 |
| 3. Hyperbola (dwa sposoby) . . . . .                  | 63 |
| 4. Parabola (trzy sposoby) . . . . .                  | 64 |
| 5. Linja gwintu walcowego . . . . .                   | 65 |

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 16. Środki ciężkości linii, powierzchni i ciał . . . . . | 65 |
|----------------------------------------------------------|----|

## 17. Miary i wagi:

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| a. Tabela Nr. 14 — oznaczenia . . . . .                                       | 68 |
| b. Miary długości . . . . .                                                   | 68 |
| c. Miary kwadratowe . . . . .                                                 | 68 |
| d. Miary sześciennie . . . . .                                                | 69 |
| e. Wagi . . . . .                                                             | 69 |
| f. Miary nowopolskie . . . . .                                                | 69 |
| h. Tabela Nr. 16 — porównawcza — cale i milimetry . . . . .                   | 70 |
| g. Tabela Nr. 17 — werszki, arszyny, metry . . . . .                          | 71 |
| i. Tabela Nr. 18 — stopy i metry . . . . .                                    | 71 |
| k. Tabela Nr. 19 — sążnie i metry . . . . .                                   | 72 |
| l. Tabela Nr. 20 — hektary, dziesięciny, morgi, włóki . . . . .               | 72 |
| m. Tabela Nr. 21 — pudy, funty, kilogr. . . . .                               | 72 |
| n. Tabela Nr. 22 — kwadratowe: metry, sążnie, stopy . . . . .                 | 73 |
| o. Tabela Nr. 23 — sześciennie: metry, sążnie, stopy . . . . .                | 73 |
| p. Tabela Nr. 24 — pudy na cał kwadratowy i kilogr. na centym. kwadr. . . . . | 74 |
| r. Porównanie jednostek technicznych . . . . .                                | 74 |

## 18. FIZYKA TECHNICZNA.

## a. Ciepło:

|                                                                            | Str. |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Spółczynniki rozszerzalności . . . . .                                  | 75   |
| 2. Spółczynniki ciepłoprzewodnictwa wewnętrznego . . . . .                 | 76   |
| 3. Tabela Nr. 25 — spółczynn. ciepłoprz. wewnętrzn. . . . .                | 76   |
| 4. Spółczynnik ciepłoprzewodnictwa zewnętrznego . . . . .                  | 79   |
| 5. Spółczynnik ciepłoprzewodnictwa ogólny . . . . .                        | 79   |
| 6. Wartości spółcz. ciepłoprz. ogóln. dla niektórych konstrukcji . . . . . | 80   |

## b. Maszyny proste:

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. Dźwignie . . . . .                                   | 81 |
| 2. Bloki, wciągi, wciągi krotne. . . . .                | 92 |
| 3. Płaszczyzna pochyła . . . . .                        | 85 |
| 4. Tabela Nr. 26 — wartości spółczynn. tarcia . . . . . | 85 |
| 5. Klin równoramienny . . . . .                         | 87 |
| 6. Śruba o gwincie prostokątnym . . . . .               | 87 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| c. Ciśnienie hydrostatyczne . . . . . | 87 |
|---------------------------------------|----|

## 19. GAZY i PŁYNY:

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| a. Gęstość i waga gazów przy $0^{\circ}\text{C}$ . . . . . | 89 |
| b. Waga plynów . . . . .                                   | 89 |
| c. Objętość i gęstość wody . . . . .                       | 90 |
| d. Ropa: 1. Gęstość . . . . .                              | 90 |
| 2. Objętość i waga . . . . .                               | 91 |

## 20. MATERJAŁY BUDOWLANE:

## C z ę ś ć A.

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| a. Waga materiałów . . . . .                                                            | 91  |
| b. Budulec (waga, zawartość wilgoci, suszenie, usychanie, normalne przekroje) . . . . . | 96  |
| c. Liny druciane i drut . . . . .                                                       |     |
| 1. Liny druciane . . . . .                                                              | 103 |
| 2. Waga drutu . . . . .                                                                 | 103 |
| 3. Drut kolczasty . . . . .                                                             | 104 |
| 4. Liny z konopja . . . . .                                                             | 104 |

|     |                                                                                                       |            |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| d.  | Blacha cynkowa . . . . .                                                                              | 105        |
| e.  | Ołów w arkuszach . . . . .                                                                            | 106        |
| f.  | Blacha do krycia dachów:                                                                              |            |
| 1.  | Tabela Nr. 27 — blacha czarna . . . . .                                                               | 106        |
| 2.  | Tabela Nr. 28 — blacha żelazna ocynkowan. . . . .                                                     | 107        |
| 3.  | Tabela Nr. 29 — waga różnych płyt met. . . . .                                                        | 107        |
| h.  | Gwoździe — Tabela Nr. 30 — waga i wymiary . . . . .                                                   | 108        |
| g.  | Wkręty . . . . .                                                                                      | 109        |
| i.  | Śruby i nity:                                                                                         |            |
| 1.  | Tabela Nr. 31a — śruby Whitwortha . . . . .                                                           | 110        |
| 2.  | Tabela Nr. 31b — śruby metryczne . . . . .                                                            | 111        |
| 3.  | Waga śruby . . . . .                                                                                  | 111        |
| 4.  | Tabela Nr. 32 — nity . . . . .                                                                        | 112        |
| k.  | Łańcuchy — tabela Nr. 33 — waga i obciążenia<br>bezpieczne . . . . .                                  | 113        |
| l.  | Kształtowniki:                                                                                        |            |
| {   | 1. Tabela Nr. 34a — kątowniki równora-<br>mienne . . . . .                                            | 114        |
|     | 2. Tabela Nr. 34b — kątowniki nierównora-<br>mienne . . . . .                                         | 117        |
|     | 3. Tabela Nr. 35 — teowniki szerokopasowe<br>Tabela Nr. 36 — teowniki wysokośredni-<br>kowe . . . . . | 118<br>119 |
|     | 4. Tabela Nr. 37 — żelazo korytkowe . . . . .                                                         | 120        |
|     | 5. Tabela Nr. 38 — żelazo dwuteowe . . . . .                                                          | 121        |
|     | 6. Tabela Nr. 39 — żelazo zetowe . . . . .                                                            | 122        |
|     | 7. Tabela Nr. 40 — słupowniki . . . . .                                                               | 123        |
|     | 8. Tabela Nr. 41 — żelazo Żore . . . . .                                                              | 124        |
|     | 9. Tabela Nr. 42 — żelazo faliste . . . . .                                                           | 125        |
|     | 10. Tabela Nr. 43 — żelazo korytkowe . . . . .                                                        | 126        |
|     | 11. Tabela Nr. 44 — żelazo dwuteowe . . . . .                                                         | 127        |
|     | 12. Tabela Nr. 45 — żelazo dwuteowe Grey'a . . . . .                                                  | 129        |
|     | 13. Tabela Nr. 46 — poręczownik . . . . .                                                             | 130        |
|     | 14. Tabela Nr. 47 — żelazo okienne . . . . .                                                          | 130        |
|     | 15. Tabela Nr. 48 — waga żelaza w arku-<br>szach i płytach . . . . .                                  | 131        |
| 16. | Tabela Nr. 49 — rury gazowe . . . . .                                                                 | 131        |
| 17. | Tabela Nr. 50 — waga prętów żelaznych . . . . .                                                       | 132        |
| 18. | Tabela Nr. 51 — waga płaskowników . . . . .                                                           | 133        |
| 19. | Tabela Nr. 52 — siatka jednolita . . . . .                                                            | 134        |

## 21. MATERJAŁY BUDOWLANE.

## C z ę ś ć B.

|                                     | Str. |
|-------------------------------------|------|
| a. Asfalt . . . . .                 | 135  |
| b. Azbest . . . . .                 | 136  |
| c. Antirustol . . . . .             | 137  |
| d. Cegła . . . . .                  | 137  |
| e. Cerezyt . . . . .                | 138  |
| f. Dachówka . . . . .               | 138  |
| h. Fluaty . . . . .                 | 138  |
| g. Kamień . . . . .                 | 139  |
| k. Ksylolit . . . . .               | 139  |
| l. Kompo-rober . . . . .            | 140  |
| m. Linoleum . . . . .               | 140  |
| n. Oleje . . . . .                  | 141  |
| o. Piasek . . . . .                 | 141  |
| p. Plyty korkowe . . . . .          | 142  |
| r. Ruberold . . . . .               | 142  |
| s. Szkło . . . . .                  | 143  |
| t. Tektura smołowcowa . . . . .     | 143  |
| u. Warstwiec (holzcement) . . . . . | 144  |

## 22. MATERJAŁY BUDOWLANE.

## C z ę ś ć C.

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| a. Gips . . . . .                                                               | 144 |
| b. Wapno i zaprawy wapienne . . . . .                                           | 145 |
| c. Wapno hydrauliczne . . . . .                                                 | 147 |
| d. Domieszki hydrauliczne . . . . .                                             | 147 |
| e. Cement i zaprawy cementowe:                                                  |     |
| 1. Cement rzymski (romański) . . . . .                                          | 148 |
| 2. Cement portlandzki . . . . .                                                 | 150 |
| f. Zaprawy cementowe . . . . .                                                  | 152 |
| g. Zaprawy cementowo-wapienne . . . . .                                         | 153 |
| h. Beton i żelbeton:                                                            |     |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                  | 156 |
| 2. Skład betonu . . . . .                                                       | 157 |
| 3. Sposoby wyrobienia betonu . . . . .                                          | 160 |
| i. Rozchód materiałów i robocizny przy niektórych robotach murarskich . . . . . | 161 |
| k. Zabarwienie zapraw i betonów cementow. . . . .                               | 163 |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| I. Malowanie powierzchni betonowych i cementowych . . . . . | 164 |
| m. Wroby z betonu i cementu:                                |     |
| 1. Pustaki . . . . .                                        | 165 |
| 2. Dachówka . . . . .                                       | 166 |
| 3. Szyfer sztuczny (terrofazerit) . . . . .                 | 167 |
| 4. Cegła cementowa . . . . .                                | 167 |
| 5. Płyty do chodników . . . . .                             | 167 |

## Rozdział II.

### A. STATYKA BUDOWLANA.

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| a. Porządek przeprowadzenia obliczeń statycznych . . . . .                                                               | 168 |
| b. Obciążenia przyjęte przy obliczeniach statycznych:                                                                    |     |
| 1. Waga własna stropów . . . . .                                                                                         | 169 |
| 2. Obciążenia użytkowe (przejściowe) . . . . .                                                                           | 170 |
| 3. Tabela Nr. 53—waga własna i obciążenie ogólne . . . . .                                                               | 171 |
| 4. Obciążenia $\text{kg./m.}^2$ przyjęte przez koło architektów warszawskich . . . . .                                   | 172 |
| 5. Własny ciężar stropów (koło architektów warszawskich) . . . . .                                                       | 172 |
| 6. Dachy:                                                                                                                |     |
| a. Waga własna dachów . . . . .                                                                                          | 172 |
| β. Obciążenie dachów:                                                                                                    |     |
| 1. Śniegiem . . . . .                                                                                                    | 173 |
| 2. parcie wiatru . . . . .                                                                                               | 174 |
| c. Obciążenie mostów kołowych żelaznych . . . . .                                                                        | 175 |
| d. Obciążenie ruchome mostów kołowych . . . . .                                                                          | 176 |
| e. Wytrzymałość materiałów:                                                                                              |     |
| 1. Natężenia dopuszczalne materiałów budowlanych na $1 \text{ cm.}^2$ . . . . .                                          | 179 |
| 2. Obciążenie $\text{kg./cm.}^2$ dopuszczalne w fundamentach i murach . . . . .                                          | 180 |
| 3. Tabela 54 -- natężenia dozwolone, granice sprężystości, wytrzymałość nietrwała i współczynniki sprężystości . . . . . | 181 |
| 4. Cement, beton, kamień . . . . .                                                                                       | 183 |

|                                                                                                            | Str. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5. Siła zczepności żelaza i betonu . . . . .                                                               | 184  |
| 6. Wytrzymałość nietrwała przy ściskaniu<br>materiałów kamiennych . . . . .                                | 185  |
| 7. Nałężenia dozwolone — według Pruskich<br>norm budowlanych:                                              |      |
| α. Stal i żelazo . . . . .                                                                                 | 185  |
| β. Drzewo . . . . .                                                                                        | 186  |
| γ. Kamień . . . . .                                                                                        | 186  |
| 8. Wytrzymałość przy przecinaniu . . . . .                                                                 | 187  |
| 9. Wytrzymałość przy zginaniu . . . . .                                                                    | 187  |
| 10. Tabela Nr. 55 — równikowe momenty<br>bezwładności i momenty wytrzymałości .                            | 192  |
| 11. Tabela Nr. 56 — obciążenie belek . . . . .                                                             | 201  |
| 12. Obciążenie belki o dwóch podporach . . . . .                                                           | 211  |
| 13. Belki wieloprzęsłowe:                                                                                  |      |
| α. Obliczenie momentów nad pod-<br>porami . . . . .                                                        | 212  |
| β. Obliczenie ciśnienia na podpory . . . . .                                                               | 213  |
| γ. Belki położone na podporach je-<br>dnakowo wysokich . . . . .                                           | 215  |
| δ. Tabela Nr. 57 — Winkler'a, dla<br>belek wieloprzęsłowych przy je-<br>dnakowych rozpiętościach . . . . . | 217  |
| 14. Wytrzymałość na wyboczenie . . . . .                                                                   | 220  |
| 15. Kolumny z żelaza lanego . . . . .                                                                      | 224  |
| 16. Wytrzymałość przy skręcaniu . . . . .                                                                  | 226  |
| 17. Wytrzymałość naczyń cylindrycznych . . . . .                                                           | 329  |
| f. Obliczenie wiązań dachowych:                                                                            |      |
| 1. Wiązania z drzewa . . . . .                                                                             | 230  |
| 2. Wiązania żelazne . . . . .                                                                              | 235  |
| g. Parcie ziemi i mury oporowe . . . . .                                                                   | 241  |

## B. Miernictwo.

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| a. Niwelacja . . . . .                                         | 248 |
| b. Pomiar kątów teodolitem . . . . .                           | 250 |
| c. Mierzenie odległości pomiędzy dwoma pun-<br>ktami . . . . . | 251 |

**C. Budownictwo.**

|                                                                                     | Str. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| a. Badanie gruntu . . . . .                                                         | 251  |
| b. Fundamenty przy gruncie pewnym . . . . .                                         | 252  |
| c. Ogrodzenia ubezpieczające . . . . .                                              | 253  |
| d. Fundamenty przy gruncie niepewnym . . . . .                                      | 253  |
| e. Bicie pali . . . . .                                                             | 257  |
| f. Tabl. Nr. 58—obciążeń podeszwy fundamentu<br>kg./cm. <sup>2</sup> . . . . .      | 258  |
| h. Grubość ścian                                                                    |      |
| 1. Ściany murowane . . . . .                                                        | 259  |
| α. Budynki fabryczne . . . . .                                                      | 259  |
| β. Budynki mieszkalne . . . . .                                                     | 259  |
| γ. Grubość muru według Rondelet'a . . . . .                                         | 259  |
| δ. Wymiary murów w domach 3 pię-<br>trowych będące w użyciu we<br>Francji . . . . . | 261  |
| ε. Grubość ścian z cegły w cm. przy-<br>jęta w Berlinie . . . . .                   | 262  |
| 2. Ściany odosobnione . . . . .                                                     | 262  |
| 3. Ściany drewniane . . . . .                                                       | 262  |
| g. Okna . . . . .                                                                   | 263  |
| i. Drzwi . . . . .                                                                  | 264  |
| k. Sklepienia:                                                                      |      |
| 1. Wykreślenie linii Koszykowej . . . . .                                           | 264  |
| α. Wezgłowia w jednej płaszczyźnie<br>poziomej . . . . .                            | 265  |
| β. Wezgłowia w różnych poziomach . . . . .                                          | 266  |
| 2. Wzory dla określenia grubości sklepień<br>w zworniku i oporach . . . . .         | 267  |
| α. Sklepienia z cegły . . . . .                                                     | 267  |
| β. „ z kamienia łamanego . . . . .                                                  | 267  |
| γ. „ z kamienia ciosanego . . . . .                                                 | 267  |
| δ. „ płaskie . . . . .                                                              | 269  |
| ε. Obciążenia mostów kamiennych<br>dla dróg kołowych . . . . .                      | 270  |
| λ. Wzory Tolkmitt'a . . . . .                                                       | 271  |
| ω. Wzory Müller-Breslau . . . . .                                                   | 272  |
| γ. Obliczenie objętości sklepień . . . . .                                          | 273  |
| τ. Dane praktyczne dla łęków i skle-<br>pień. . . . .                               | 275  |



## I. Ściany rozworowe:

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| α. Ściany rozworowe drewniane | 277 |
| β. „ „ żelazne                | 277 |
| γ. Warstwy izolacyjne         | 277 |

## m. Dachy:

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| α. Łacenie                    | 278 |
| β. Szalowanie deskami         | 278 |
| γ. Krokwie                    | 278 |
| δ. Wiązania dachowe drewniane | 278 |
| ε. Wiązania dachowe żelazne   | 279 |
| λ. Rynny i rury spustowe      | 280 |

|           |     |
|-----------|-----|
| n. Schody | 280 |
|-----------|-----|

## n. Stropy

|                     |     |
|---------------------|-----|
| α. Stropy drewniane | 281 |
| β. Stropy niepalne  | 282 |

|            |     |
|------------|-----|
| p. Podłoga | 234 |
|------------|-----|

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| r. Wymiary używane przy projektowaniu budynków | 285 |
|------------------------------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| s. Parkany drewniane. | 287 |
|-----------------------|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| t. Ogrzewanie | 287 |
|---------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| u. Przewietrzanie | 292 |
|-------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| f. Kominy fabryczne | 295 |
|---------------------|-----|

## w. Wodociągi i kanalizacja:

|                |     |
|----------------|-----|
| α. Wodociągi   | 297 |
| β. Pompy       | 301 |
| γ. Kanalizacja | 302 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| z. Oświetlenie elektryczne | 307 |
|----------------------------|-----|

## Rozdział III.

**BUDOWLE ŻELBETOWE.**

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| A. Zasady obliczeń przy zginaniu | 309 |
|----------------------------------|-----|

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| B. Belka lub płyta o przekroju prostokątnym | 311 |
|---------------------------------------------|-----|

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| a. Wzory (uzbrojenie pojedyncze) | 312 |
|----------------------------------|-----|

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| b. Tabela Nr. 63 — wartości (h-a), f i x | 314 |
|------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| c. Tabela Nr. 64 — dla obliczania płyt żelbetowych przy $\sigma_b = 40 \text{ kg./cm.}^2$ i $\sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$ | 318 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| d. Strzemiona | 319 |
|---------------|-----|

|    |                                                                          |     |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| C. | Belka lub płyta o przekroju prostokątnym (uzbrojenie podwójne) . . . . . | 321 |
| a. | Wzory i tabl. Nr. 65 . . . . .                                           | 322 |
| D. | Belki żebrowe:                                                           |     |
| a. | Uzbrojenie pojedyncze—wzory . . . . .                                    | 326 |
| b. | Uzbrojenie podwójne. . . . .                                             | 332 |
| E. | Konstrukcje żelbetowe:                                                   |     |
| a. | Sposoby umocowania końców prętów żelaznych w betonie . . . . .           | 334 |
| b. | Sposoby ułożenia prętów żelaznych w betonie . . . . .                    | 334 |
| c. | Formy dla belki żebrowej . . . . .                                       | 335 |
| F. | Obliczanie słupów:                                                       |     |
| a. | Ciśnienie środkowe, . . . . .                                            | 335 |
| b. | Ciśnienie mimośrodkowe . . . . .                                         | 340 |
| H. | Słupy Consider'a . . . . .                                               | 342 |
| G. | Obliczanie sklepień żelbetowych . . . . .                                | 343 |
| K. | Płyty fundamentowe . . . . .                                             | 345 |
| L. | Schody . . . . .                                                         | 347 |
| M. | Obliczanie stropów żelazo-ceglanych . . . . .                            | 349 |

## DODATKI.

|    |                                                                                                                                                                            |     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | Tabela Nr. 68 — okrągłych prętów żelaznych . . . . .                                                                                                                       | 354 |
| 2. | Wyciąg z „Tymczasowych przepisów budowy i utrzymania mostów drogowych“ zatwierdzonych przez p. Ministra Robót Publicznych rozporządzeniem z dn. 4 Marca 1920 roku Nr. 6342 |     |
|    | Postanowienia ogólne . . . . .                                                                                                                                             | 357 |
|    | Obciążenie i siły zewnętrzne . . . . .                                                                                                                                     | 361 |
|    | Mosty drewniane . . . . .                                                                                                                                                  | 367 |
|    | Mosty i filary żelazne . . . . .                                                                                                                                           | 372 |
|    | Mosty betonowe i żelbetowe . . . . .                                                                                                                                       | 377 |
|    | Mosty kamienne . . . . .                                                                                                                                                   | 391 |
|    | Grunt budowlany . . . . .                                                                                                                                                  | 395 |
|    | Cement portl. zwyczajny . . . . .                                                                                                                                          | 396 |
|    | Cement portl. żelazisty . . . . .                                                                                                                                          | 403 |
|    | Cement żuźlowy . . . . .                                                                                                                                                   | 401 |
|    | Cement naturalny romański . . . . .                                                                                                                                        | 402 |
|    | Dodatki hydrauliczne . . . . .                                                                                                                                             | 402 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Wytrzymałość betonu . . . . .        | 403 |
| Żelazo budowlane . . . . .           | 407 |
| Tabela № 69—Tetmayer'a i Jasińskiego | 413 |

3. Przepisy dla obliczeń i budowy ustrojów żelbetonowych byłego rosyjskiego zarządu wojskowo inżynieryjnego, opracowane komisyjnie przez profesorów Mikołajewskiej Inżynieryjnej akademji w Piotrogradzie:

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Obliczenie . . . . .                       | 415 |
| Wykonanie robót . . . . .                  | 422 |
| Badanie wytrzymałości materiałów . . . . . | 426 |
| Obciążenie próbne budowli . . . . .        | 429 |



# OMYŁKI.

zauważone po wydrukowaniu

UWAGA: „g” oznacza w skróceniu wiersz liczony od góry  
 „d”—oznacza w skróceniu wiersz liczony od dołu

| Str. | Wier. | Nadrukowano       | Winno być           |
|------|-------|-------------------|---------------------|
| 2    | 23 g. | 3,8439            | 2,8439              |
| 6    | 1 d.  | 2,2996            | 6,2996              |
| —    | 25 d. | 716,00            | 710,00              |
| 7    | 13 g. | 816,96            | 819,96              |
| —    | 22 g. | 3,96004           | 3,69004             |
| 8    | 1 g.  | $\frac{\pi^2}{4}$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
| —    | 13 d. | 88727,0           | 89727,0             |
| 10   | 11 g. | 131328            | 131382              |
| 13   | 18 d. | 266940            | 266948              |
| 14   | 16 g. | 1632,1            | 1932,1              |
| —    | 10 d. | 352705            | 322705              |
| 15   | 13 d. | 425660672         | 325660672           |
| 16   | 25 d. | 8,9776            | 8,9876              |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                                                                                                                      | Winno być                                                                                                                                                        |
|------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| —    | 4 d.  | 2341,8                                                                                                                                                           | 2346,8                                                                                                                                                           |
| 19   | 16 d. | 788,225                                                                                                                                                          | 783225                                                                                                                                                           |
| 23   | 2 g.  | Wartości wyrażenia $I^x$                                                                                                                                         | Wartości wyrażenia $e^x$                                                                                                                                         |
| 26   | 15 g. | 9,57                                                                                                                                                             | 9,75                                                                                                                                                             |
| 29   | 9 d.  | 0,08978                                                                                                                                                          | 0,80978                                                                                                                                                          |
| 36   | 9 g.  | $y_1 = \sqrt[3]{g + \sqrt{g^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-g - \sqrt{g^2 + p^3}}$                                                                                         | $y^1 = \sqrt[3]{-g + \sqrt{g^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-g - \sqrt{g^2 + p^3}}$                                                                                        |
| 38   | 10 g. | $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$ | $\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$ |
| 39   | 3 g.  | $\frac{a}{\operatorname{sn} \alpha} + \frac{b}{\operatorname{sn} \beta} + \frac{c}{\operatorname{sn} \gamma} = 2R$                                               | $\frac{a}{\operatorname{sn} \alpha} = \frac{b}{\operatorname{Sn} \beta} = \frac{c}{\operatorname{sn} \gamma} = 2R$                                               |
| —    | 3 d.  | $\alpha; \beta; c; F$                                                                                                                                            | $\alpha; \beta; b; F$                                                                                                                                            |
| —    | 2 d.  | $= \operatorname{ccs} = a c \operatorname{sn} \beta$                                                                                                             | $= c \cdot \operatorname{cs} \alpha = c \cdot \operatorname{sn} \beta.$                                                                                          |
| 40   | 4 d.  | $\beta > 90^\circ$                                                                                                                                               | $\beta < 90^\circ$                                                                                                                                               |
| 50   | 8 g.  | Elipsoida                                                                                                                                                        | Elipsoid                                                                                                                                                         |
| —    | 10 g. | Paraboloida                                                                                                                                                      | Paraboloid                                                                                                                                                       |
| —    | 12 g. | Paraboloida ścięta                                                                                                                                               | Paraboloid ścięty                                                                                                                                                |
| 55   | 2 d.  | $d \operatorname{arc} \cos \frac{x}{a} = \frac{dx}{a \sqrt{a^2 - x^2}}$                                                                                          | $d \operatorname{arc} \cos \frac{x}{a} = - \frac{dx}{a \sqrt{a^2 - x^2}}$                                                                                        |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                                             | Winno być,                                                                      |
|------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 55   | 3 d.  | $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} =$ $= a \cdot \text{arc sn} \cdot \frac{x}{a} + c$    | $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} =$ $= \text{arc sn} \frac{x}{a} + c$          |
| —    | 2 d.  | $\int \frac{-dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} =$ $= a \cdot \text{arc} \cdot \cos \frac{x}{a} + c$ | $\int \frac{-dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} =$ $= \text{arc} \cdot \cos \frac{x}{a} + c$ |
| 58   | 3 g.  | $\gamma = \frac{a^2}{b} \left[ 1 - \left( \frac{c^2 x^2}{a^4} \right)^{3/2} \right]$    | $\rho = \frac{a^2}{b} \left[ 1 - \frac{c^2 x^2}{a^4} \right]^{3/2}$             |
| —    | 7 g.  | elipsoida trzyosiowa                                                                    | elipsoid trzyosiowy                                                             |
| 59   | 11 g. | $DT =$ $= \frac{ay}{bx} \sqrt{\pm a^2 - e^2 x^2};$                                      | $DT =$ $= \frac{ay}{bx} \sqrt{\pm (a^2 - e^2 x^2)}$                             |
| 60   | 2 d.  | $AE = 1 =$                                                                              | $AE = I =$                                                                      |
| 65   | 7 d.  | $os = r \frac{1}{b}$                                                                    | $os = r \frac{l}{b}$                                                            |
| 67   | 2 d.  | $= \frac{3}{4} r (1 + \cos \alpha)$                                                     | $= \frac{3}{8} r (1 + \cos \alpha)$                                             |
| 69   | 5 g.  | $1 \text{ m}^3 = 100 \text{ dm}^3$                                                      | $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$                                             |
| 71   | 4 g.  | 0,7192                                                                                  | 0,7112                                                                          |
| 75   | 8 g.  | $1 \text{ cm}^2 = 0,061 \text{ cal}^3$                                                  | $1 \text{ cm}^3 = 0,061 \text{ cal}^3$                                          |
| 83   | 6 g.  | $P:Q = 1n:2n$                                                                           | $P:Q = 1:2n$                                                                    |

| Str. | Wier. | Nadrukowano              | Winno być                    |
|------|-------|--------------------------|------------------------------|
| 104  | 6 d.  | 158                      | 151                          |
| —    | 5 d.  | 151                      | 158                          |
| 111  | 4 d.  | sześcio kończastej       | sześciokańciastej            |
| —    | 1 d.  | $p = h + \gamma d$       | $p = h + 8 d$                |
| 123  | 1 d.  | $H = 2R + 2b + \delta$   | $H = 2R + 2(b + \delta)$     |
| 125  | 22 d. | mm. (w szpalcie 6-ej)    | cm. <sup>3</sup>             |
| 130  | 1 g.  | Tabela № 46              | Tabela № 46 (poręczowniki)   |
| 142  | 15 g. | 12 — 18 kg./cm.          | 12 — 18 kg./cm. <sup>2</sup> |
| —    | 17 g. | Ruberoide                | Ruberoide                    |
| 143  | 11 d. | w jednym                 | jednym                       |
| 147  | 11 d. | w powietrzu              | na powietrzu                 |
| 149  | 13 g. | : 5                      | 1 : 5                        |
| 152  | 6 g.  | wyjątkowych              | wyjątkowych                  |
| 159  | 18 g. | $= 1,25 (1 + mn)$        | $= 1,25 (1 + m + n)$         |
| 160  | 1 d.  | dodatku do rozdziału III | w dodatkach № 2 i № 3        |
| 161  | 16 g. | w bębem                  | do bębna                     |
| 173  | 15 g. | warstwowcem              | warstwcem                    |
| 181  | 11 d. | Drut żelazny 1,2         | Drut żelazny 12              |
| —    | 9 d.  | Stal . . . 1,5           | Stal . . . 15                |
| 185  | 12 d. | Zginanie $\tau_z$        | Zgniatanie $\tau_z$          |
| 192  | 7 g.  | krzywości                | krzywizny                    |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                             | Winno być                                                               |
|------|-------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 199  |       | $W = \frac{\pi d}{32} = \frac{\pi r^3}{4} =$ $= 0,0982 d^3$             | $W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} =$ $= 0,0982 d^3$           |
| —    |       | $W = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{R - r^4}{R}$                             | $W = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{R - r^4}{R}$                             |
| 202  | 5 d.  | $\text{dla } BC : M = \frac{P c x}{l}$                                  | $\text{dla } BC : M = \frac{P c x_l}{l}$                                |
| 209  | 1 d.  | $f = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot$ $\frac{8 l^3 - (4 l - c_l) c_l^2}{384}$ | $f = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot$ $\frac{8 l^3 - (4 l - c_l) c_l^2}{384}$ |
| 216  | 8 g.  | $\max = \frac{1}{20} (8 Q + 9 P) =$                                     | $T_0 \max = \frac{1}{20} (8 Q + 9 P)$                                   |
| —    | 5 d.  | $\min. = \frac{1}{10} (11 Q - 12 P) =$                                  | $T_1 \min = \frac{1}{10} (11 Q - 12 P)$                                 |
| 220  | 12 g. | $M_1 = - \frac{3}{6} P l; M_{\max} =$ $= \frac{5}{12} P l$              | $M_1 = - \frac{3}{16} P l; M_{\max} =$ $= \frac{5}{32} P l$             |
| 221  | 3 d.  | Żelazo                                                                  | Żelazo, wartość $l$                                                     |
| —    | 2 d.  | Żelazo lane                                                             | Żelazo lane, wartość $l$                                                |
| —    | 1 d.  | Drzewo                                                                  | Drzewo, wartość $l$                                                     |
| 225  | 15 g. | $J_p = J_1 + J$                                                         | $J_p = J_1 + J_2$                                                       |
| 236  | 1 g.  | $O_2 = \frac{p (h + h_1)}{4 \cdot s}$                                   | $O_2 = O_1 + \frac{p (h + h_1)}{4 \cdot s}$                             |



| Str. | Wier.             | Nadrukowano                                           | Winno być                                             |
|------|-------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 247  | 13 d.             | $b \geq$ wysokości                                    | $b \geq \frac{1}{3}$ wysokości                        |
| 250  | 8 g.              | wymierzaniu w                                         | wymierzaniu kątów w                                   |
| 254  | 11 d.             | $d = \frac{10000 p \cdot c^2}{\gamma - \gamma_2 c_2}$ | $d = \frac{10000 P \cdot c^2}{\gamma - \gamma_z c^2}$ |
| 259  | 6 g.              | $l_1 = \frac{l}{40} + \frac{h_3 + h_2 + h_1}{25}$     | $e_3 = \frac{l}{40} + \frac{h_3 + h_2 + h_1}{25}$     |
| —    | 7 g.              | $l_1$ — grubość ściany                                | $e_3$ — grubość ściany                                |
| —    | 6 g.              | $l_2 = \frac{l}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25}$           | $e_2 = \frac{l}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25}$           |
| —    | 10 g.             | $l_3 = 1\frac{1}{2}$ cegły, $l_2 = 2$ cegły           | $e_3 = 1\frac{1}{2}$ cegły,<br>$e_2 = 2$ cegły        |
|      |                   | $l_1 = 2\frac{1}{2}$ cegły                            | $e_1 = 2\frac{1}{2}$ cegły                            |
| 262  | Tabela szpaltu 11 | Ściana graniczna bez otworów i ciężaru                | Ściana graniczna bez otworów obciążona stropami       |
| 267  | 6 g.              | sklepieni                                             | sklepień                                              |
| 269  | 1 g.              | sklepieni                                             | sklepień                                              |
| —    | 15 d.             | $w = \frac{5}{24} l + \frac{1}{3} h +$<br>+ 0,3 m.    | $w = \frac{5}{24} l + \frac{1}{6} h +$<br>+ 0,3 m     |
| —    | 9 d.              | sklepienie                                            | sklepienia                                            |
| —    | 2 d.              | (str. 245)                                            | (str. 246)                                            |
| 272  | 5 g.              | g/m. <sup>2</sup>                                     | kg/m <sup>2</sup>                                     |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                                    | Winno być                                                                                  |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 272  | 11 d. | $\overline{+} \frac{4 (f : s_1)}{\left(\frac{f}{s}\right)^2 + 1} \overline{+}$ | $\overline{+} \frac{4 (f : s_1)}{\left(\frac{f}{s_1}\right)^2 + 1} \overline{+}$           |
| —    | 1 d.  | $\operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{4 f^2 z_0 + 0,5 f}{h^2 z_0 + 0,14 f}$     | $\operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{4 f^2}{f_1^2} \cdot \frac{Z_0 + 0,5 f}{Z_0 + 0,14 f}$ |
| 273  | 14 d. | $k_1 = 16 \text{ kg /cm.}$                                                     | $k_1 = 16 \text{ kg./cm.}^2$                                                               |
| 288  | 12 g. | temperutorami                                                                  | temperaturami                                                                              |
| 294  | 10 g. | 0,000907 m. <sup>3</sup>                                                       | 0,000145 m. <sup>3</sup>                                                                   |
| 295  | 17 d. | $P = 500 \omega \sqrt{\frac{H}{1 + r}}$                                        | $P = 500 \omega \sqrt{\frac{H}{1 + r}}$                                                    |
| 301  | 8 g.  | $Q = \varphi \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot b$                      | $Q = \varphi \cdot n \cdot \frac{\pi d^2}{2} \cdot b$                                      |
| 303  | 8 d.  | 0,00924                                                                        | 0,00024                                                                                    |
| 305  | 2 g.  | wpływu                                                                         | wyływu                                                                                     |
| 306  | 1 g.  | $a = (1 - \cos) \frac{\delta}{2}$                                              | $a = \left(1 - \cos \frac{\delta}{2}\right) \frac{D}{2}$                                   |
| 316  | 10 g. | = 32,500 kg./cm.                                                               | = 32500 kg./cm.                                                                            |
| —    | 11 g. | = 10 szt.                                                                      | f = 10 szt.                                                                                |
| 318  | 1 g.  | = 35,06 kg./cm.                                                                | = 35,06 kg./cm. <sup>2</sup>                                                               |
| 319  | 4 g.  | $= x \frac{3(h-a)}{2} \text{ [jak w druku]}$                                   | $x = \frac{3(h-a)}{2} \text{ (jak wydr.)}$                                                 |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                                                         | Winno być                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 320  | 13 d. | $l_1 = \frac{\tau_n - 4,5}{\tau_b} \cdot \frac{1}{2}$                                               | $l_1 = \frac{\tau_b - 4,5}{\tau_b} \cdot \frac{1}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 323  | 10 d. | $\tau_n = \frac{m_1 \cdot v}{b \cdot J} \dots (26)$                                                 | $\tau_{b1} = \frac{m_1 \cdot v}{b \cdot J} \dots (26)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 326  | 7 g.  | $\tau_{b1} = 2,52 \text{ kg./cm.}$                                                                  | $\tau_{b1} = 2,52 \text{ kg/cm}^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 327  | 6 d.  | $\sigma_z = \frac{M}{(h-a-x-y) f}$                                                                  | $\sigma_z = \frac{M}{(h-a-x+y) \cdot f}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 333  | 3 g.  | podwójnem belki<br>żebrowe                                                                          | podwójnem i przy $x < d$<br>lub $x=d$ belki żebrowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| —    | 9 d.  | $J = \frac{1}{3} b x^3 -$<br>$-\frac{1}{3} b (x-d)^3 +$<br>$+ n f^1 (x-a)^2 +$<br>$+ n f (h-a-x)^2$ | $J = \frac{1}{3} b x^3 -$<br>$-\frac{1}{3} b (x-d)^3 +$<br>$+ n f^1 (x-a)^2 +$<br>$+ n f (h-a-x)^2 \dots (20b)$                                                                                                                                                                                                                                                              |
| —    |       |                                                                                                     | Na końcu strony dodać:<br>Przy uzbrojeniu pod-<br>wójnem i przy $x > d$<br>belki żebrowe należy<br>obliczać posługując się<br>wzorami (rys. 200)<br>— 20a, 20b, 31a, 34a:<br>$M = \frac{\sigma_{b1} J}{x} \dots (20a)$<br>$x =$<br>$= \frac{bd^2 + 2n[f(h-a) + f^1 a]}{2[bd + n(f + f^1)]}$<br>(31 a)<br>$\sigma_z =$<br>$= n \cdot \sigma_{b1} \cdot \frac{h-a-x}{x} (34a)$ |

| Str. | Wier. | Nadrukowano                                                                                | Winno być                                                                                    |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 334  | 2 g.  | umocnienia                                                                                 | umocowania                                                                                   |
| 336  | 3 g.  | $F = F_b + f_z$                                                                            | $F = F_b + n f_z$                                                                            |
| —    | 10 g. | $\varphi = \frac{1}{1 + 0,0001 \left( \frac{e}{r} \right)^2}$                              | $\varphi = \frac{1}{1 + 0,0001 \left( \frac{l}{r} \right)^2}$                                |
| 337  | 14 g. | $f_z = 4 f_z - 0,06 F_b$                                                                   | $f_z = 4 f'_z - 0,06 F_b$                                                                    |
| 339  | 5 g.  | $\sigma_a = n \sigma_b = 15,25 =$                                                          | $\sigma_z = n \sigma_b = 15,25 =$                                                            |
| 340  | 5 g.  | $F_z = f + f$                                                                              | $F_z = f + f_1$                                                                              |
| —    | 1 d.  | $= \frac{h - a}{h} n \sigma_b$                                                             | $\sigma_z = \frac{h - a}{h} n \sigma_b$                                                      |
| 341  | 1 d.  | $\sigma'_b = \frac{12000}{813} + \frac{12000 \cdot 3}{4105} =$                             | $\sigma_b = \frac{12000}{813} + \frac{12000 \cdot 3}{4105} =$                                |
| 343  | 14 g. | $F = \frac{25 \cdot 3,14 \cdot 36}{100} \cdot$<br>$\cdot \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 1}{4} =$ | $F_u = \frac{25 \cdot 3,14 \cdot 36}{100} \cdot$<br>$\cdot \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 1}{4} =$ |
| —    | 15 g. | $F = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 40}{40} +$<br>$+ 15 \cdot 25,12 + 30 \cdot 22,18 =$         | $F = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 40}{4} +$<br>$+ 15 \cdot 25,12 + 30 \cdot 22,18 =$            |
| 347  | 6 g.  | belki podestowej                                                                           | belki podłużnej                                                                              |
| 351  | 1 d   | $2l - \frac{1,3}{2} = 1,45 \text{ cm.}$                                                    | $2,1 - \frac{1,3}{2} = 1,45 \text{ cm.}$                                                     |

LITERATURA Z KTÓREJ KORZYSTAŁEM  
PRZY ZESTAWIENIU

**„PORADNIKA BUDOWNICZEGO”.**

---

1. **Tadeusz Gutkowski** — algebra elementarna.
  2. **St. Moycho i Fr. Zieńkowski** — Krótki zarys chemji.
  3. **Karol Iwanicki** — Budownictwo wiejskie.
  4. **Stefan Jurkowski** — Żelbetnictwo.
  5. **Aleksander Kuczyński** — Podręcznik techniczny.
  6. **Zaleski** — Architektura.
  7. **Cl. de Laharpe** — Notes et formules de l'ingénieur.
  8. **Karl Rössle** — Der eisenbetonbau.
  9. **Kersten** — Der eisenbetonbau.
  10. **M. Zytkiewicz** — Beton i betonnyja roboty.
  11. **Hr. de Roschefort** — Illustrowannoje urocznoje położenie.
  12. **Hütte** — Technik, podręcznik.
  13. **Hütte** — des ingenieurs taschenbuch.
  14. **N. M. Abramow** — Kurs soprotiwlenja materjałow.
  15. **Inż. A. F. Astafjew** — Kalendar betonno stroitelnyj.
  16. **Inż. A. F. Astafjew** — Inżyniernyj kalendar.
  17. **K. G. Dementjew** — Technologia stroitelnych materjałow.
  18. **G. N. Perederij** — Mosty małych proletów.
  19. **G. G. Krywoszejn** — Żelazo — betonnyja konstrukcji.
  20. **Müller-Breslau** — Elemente der grafischen statik der baukonstruktionen.
  21. **Inż. B. L. Kohan** — Asfalt i jego primienienie.
  22. **Przegląd Techniczny.**
  23. **Komitet Wykonawczy przy Stowarzyszeniu Techników w Warszawie** — Podstawy wartościowania dzieł budowniczych: roboty ziemne i roboty murarskie.
-

# A. MATEMATYKA.

## TABELA № 1.

### 1. Ważniejsze wartości liczbowe.

| Wiel-kość   | n            | log. n               | Wiel-kość        | n        | log. n               | Wiel-kość                  | n                    | log. n.              |
|-------------|--------------|----------------------|------------------|----------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| $\pi$       | 3,14159265   | 0,49715              | $1 : \pi$        | 0,31831  | $\overline{1,50285}$ | $g$                        | 9,81m c <sup>2</sup> | 0,99167              |
| $2\pi$      | 6,28319      | 0,79818              | $1 : 2\pi$       | 0,15916  | $\overline{1,20182}$ | $g^2$                      | 96,2361              | $\overline{1,98334}$ |
| $3\pi$      | 9,42478      | 0,97427              | $1 : 3\pi$       | 0,10610  | $\overline{1,02573}$ | $1 : g$                    | 0,10194              | $\overline{1,00833}$ |
| $4\pi$      | 12,56637     | 1,09921              | $1 : 4\pi$       | 0,07958  | $\overline{2,90079}$ | $1 : 2g$                   | 0,05097              | $\overline{2,70830}$ |
| $4\pi : 3$  | 4,18879      | 0,62209              | $\pi^2$          | 9,86960  | 0,99430              | $\sqrt{\frac{g}{g}}$       | 3,13209              | 0,49583              |
| $\pi : 2$   | 1,57080      | 0,19612              | $2\pi^2$         | 19,73921 | 1,29533              | $\sqrt{\frac{2g}{g}}$      | 4,42945              | 0,64635              |
| $\pi : 3$   | 1,04720      | 0,02003              | $4\pi^2$         | 39,47842 | 1,59636              | $\pi \sqrt{\frac{g}{g}}$   | 9,83976              | 0,99298              |
| $\pi : 4$   | 0,78540      | $\overline{1,89309}$ | $\pi^2 : 4$      | 2,46740  | 0,39224              | $\pi \sqrt{\frac{g}{g}}$   | 13,91536             | 1,14350              |
| $\pi : 6$   | 0,52360      | $\overline{1,71900}$ | $1 : \pi^2$      | 0,10132  | $\overline{1,00570}$ | $\pi : \sqrt{\frac{g}{g}}$ | 1,00303              | 0,00132              |
| $\pi : 12$  | 0,26180      | $\overline{1,41797}$ | $\pi^3$          | 31,00628 | 1,49145              | $e$                        | 2,718282             | 0,43429              |
| $\pi : 16$  | 0,19635—0,2  | $\overline{1,29303}$ | $1 : \pi^3$      | 0,03225  | $\overline{2,50855}$ | $e^2$                      | 7,38906              | 0,86859              |
| $\pi : 32$  | 0,09818—0,1  | $\overline{2,99202}$ | $\pi^4$          | 97,40909 | 1,98860              | $1 : e$                    | 0,367879             | $\overline{1,56571}$ |
| $\pi : 64$  | 0,04909—0,05 | $\overline{2,69099}$ | $\sqrt{\pi}$     | 1,77245  | 0,24857              | $1 : e^2$                  | 0,13534              | $\overline{1,13141}$ |
| $\pi : 180$ | 0,01745      | $\overline{2,24188}$ | $\sqrt[3]{\pi}$  | 1,46459  | 0,16572              | $\sqrt{e}$                 | 1,64872              | 0,21715              |
| $180 : \pi$ | 57,29578     | 1,75812              | $1 : \sqrt{\pi}$ | 0,56419  | $\overline{1,75143}$ | $\sqrt[3]{e}$              | 1,39561              | 0,14476              |

## TABELA № 2.

### 2. Pierwiastki kwadratowe i sześciennie niektórych ułamków.

| n   | n<br>liczba<br>dziesięt-<br>na | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | n     | n<br>liczba<br>dziesięt-<br>na | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ |
|-----|--------------------------------|------------|---------------|-------|--------------------------------|------------|---------------|
| 1/2 | 0,500                          | 0,707      | 0,794         | 3/8   | 0,375                          | 0,612      | 0,721         |
| 1/3 | 0,333                          | 0,577      | 0,693         | 5/8   | 0,625                          | 0,791      | 0,855         |
| 2/3 | 0,666                          | 0,816      | 0,874         | 7/8   | 0,875                          | 0,935      | 0,956         |
| 1/4 | 0,250                          | 0,500      | 0,630         | 1/9   | 0,111                          | 0,333      | 0,481         |
| 3/4 | 0,750                          | 0,866      | 0,909         | 2/9   | 0,222                          | 0,471      | 0,606         |
| 1/6 | 0,166                          | 0,408      | 0,550         | 4/9   | 0,444                          | 0,667      | 0,763         |
| 5/6 | 0,833                          | 0,913      | 0,941         | 5/9   | 0,555                          | 0,745      | 0,822         |
| 1/7 | 0,143                          | 0,378      | 0,528         | 7/9   | 0,777                          | 0,882      | 0,929         |
| 2/7 | 0,286                          | 0,535      | 0,659         | 8/9   | 0,888                          | 0,943      | 0,961         |
| 3/7 | 0,428                          | 0,655      | 0,754         | 1/12  | 0,083                          | 0,289      | 0,437         |
| 4/7 | 0,571                          | 0,756      | 0,830         | 5/12  | 0,416                          | 0,645      | 0,747         |
| 5/7 | 0,714                          | 0,845      | 0,894         | 7/12  | 0,583                          | 0,764      | 0,836         |
| 6/7 | 0,857                          | 0,926      | 0,950         | 11/12 | 0,916                          | 0,957      | 0,971         |
| 1/8 | 0,125                          | 0,354      | 0,500         | 1/15  | 0,066                          | 0,258      | 0,405         |

## TABELA Nr. 3.

3. Potęgi, pierwiastki, wartości odwrotne,  
obwody i powierzchnie koła.

| $n$ | $n^2$ | $n^3$  | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|-------|--------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 1   | 1     | 1      | 1,0000     | 1,0000        | 1000,000                 | 3,142   | 0,7854              |
| 2   | 4     | 8      | 1,4142     | 1,2599        | 500,000                  | 6,283   | 3,1416              |
| 3   | 9     | 27     | 1,7321     | 1,4422        | 333,333                  | 9,425   | 7,0686              |
| 4   | 16    | 64     | 2,0000     | 1,5874        | 250,000                  | 12,566  | 12,5664             |
| 5   | 25    | 125    | 2,2361     | 1,7100        | 200,000                  | 15,708  | 19,6350             |
| 6   | 36    | 216    | 2,4495     | 1,8171        | 166,667                  | 18,850  | 28,2743             |
| 7   | 49    | 343    | 2,6458     | 1,9129        | 142,857                  | 21,991  | 38,4845             |
| 8   | 64    | 512    | 2,8284     | 2,0000        | 125,000                  | 25,133  | 50,2655             |
| 9   | 81    | 729    | 3,0000     | 2,0801        | 111,111                  | 28,274  | 63,6173             |
| 10  | 100   | 1000   | 3,1623     | 2,1544        | 100,000                  | 31,416  | 78,5398             |
| 11  | 121   | 1331   | 3,3166     | 2,2240        | 90,9091                  | 34,558  | 95,0332             |
| 12  | 144   | 1728   | 3,4641     | 2,2894        | 83,3333                  | 37,699  | 113,097             |
| 13  | 169   | 2197   | 3,6056     | 2,3513        | 76,9231                  | 40,841  | 132,732             |
| 14  | 196   | 2744   | 3,7417     | 2,4101        | 71,4286                  | 43,982  | 153,938             |
| 15  | 225   | 3375   | 3,8730     | 2,4662        | 66,6667                  | 47,124  | 176,715             |
| 16  | 256   | 4096   | 4,0000     | 2,5198        | 62,5000                  | 50,265  | 201,062             |
| 17  | 289   | 4913   | 4,1231     | 2,5718        | 58,8235                  | 53,407  | 226,980             |
| 18  | 324   | 5832   | 4,2426     | 2,6207        | 55,5556                  | 56,549  | 254,469             |
| 19  | 361   | 6859   | 4,3589     | 2,6684        | 52,6316                  | 59,690  | 283,529             |
| 20  | 400   | 8000   | 4,4721     | 2,7144        | 50,0000                  | 62,832  | 314,159             |
| 21  | 441   | 9261   | 4,5826     | 2,7589        | 47,6190                  | 65,973  | 346,361             |
| 22  | 484   | 10648  | 4,6904     | 2,8020        | 45,4545                  | 69,115  | 380,133             |
| 23  | 529   | 12167  | 4,7958     | 3,8439        | 43,4783                  | 72,257  | 415,476             |
| 24  | 576   | 13824  | 4,8990     | 2,8845        | 41,6667                  | 75,398  | 452,339             |
| 25  | 625   | 15625  | 5,0000     | 2,9240        | 40,0000                  | 78,540  | 490,874             |
| 26  | 676   | 17576  | 5,0990     | 2,9625        | 38,4615                  | 81,681  | 530,929             |
| 27  | 729   | 19683  | 5,1962     | 3,0000        | 37,0370                  | 84,823  | 572,555             |
| 28  | 784   | 21952  | 5,2915     | 3,0366        | 35,7143                  | 87,965  | 615,752             |
| 29  | 841   | 24389  | 5,3852     | 3,0723        | 34,4828                  | 91,106  | 660,520             |
| 30  | 900   | 27000  | 5,4772     | 3,1072        | 33,3333                  | 94,248  | 706,858             |
| 31  | 961   | 29791  | 5,5678     | 3,1414        | 32,2581                  | 97,389  | 754,768             |
| 32  | 1024  | 32768  | 5,6569     | 3,1748        | 31,2500                  | 100,531 | 804,248             |
| 33  | 1089  | 35967  | 5,7446     | 3,2075        | 3,03030                  | 103,673 | 855,299             |
| 34  | 1156  | 39304  | 5,8310     | 3,2396        | 29,4118                  | 106,814 | 907,920             |
| 35  | 1225  | 42875  | 5,9161     | 3,2711        | 28,5714                  | 109,956 | 962,113             |
| 36  | 1296  | 46656  | 6,0000     | 3,3019        | 27,7778                  | 113,097 | 1017,88             |
| 37  | 1369  | 50653  | 6,0828     | 3,3322        | 27,0270                  | 116,239 | 1075,21             |
| 38  | 1444  | 54872  | 6,1644     | 3,3620        | 26,3158                  | 119,381 | 1134,11             |
| 39  | 1521  | 59319  | 6,2450     | 3,3912        | 25,6410                  | 122,522 | 1194,59             |
| 40  | 1600  | 64000  | 6,3246     | 3,4200        | 25,0000                  | 125,66  | 1256,64             |
| 41  | 1681  | 68921  | 6,4031     | 3,4482        | 24,3902                  | 128,81  | 1320,25             |
| 42  | 1764  | 74088  | 6,4807     | 3,4760        | 23,8095                  | 131,95  | 1385,44             |
| 43  | 1849  | 79507  | 6,5574     | 3,5034        | 23,2558                  | 135,09  | 1452,20             |
| 44  | 1936  | 85184  | 6,6332     | 3,5303        | 22,7273                  | 138,23  | 1520,53             |
| 45  | 2025  | 91125  | 6,7082     | 3,5569        | 22,2222                  | 141,37  | 1590,43             |
| 46  | 2116  | 97336  | 6,7823     | 3,5830        | 21,7391                  | 144,51  | 1661,90             |
| 47  | 2209  | 103823 | 6,8557     | 3,6088        | 21,2766                  | 147,65  | 1734,94             |
| 48  | 2304  | 110592 | 6,9282     | 3,6342        | 20,8333                  | 150,80  | 1809,56             |
| 49  | 2401  | 117649 | 7,0000     | 3,6593        | 20,4082                  | 153,94  | 1885,74             |
| 50  | 2500  | 125000 | 7,0711     | 3,6840        | 20,0000                  | 157,08  | 1963,50             |

Tabela № 3.

3

| $n$ | $n^2$ | $n^3$   | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|-------|---------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 50  | 2500  | 125000  | 7,0711     | 3,6840        | 20,0000                  | 157,08  | 1963,50             |
| 51  | 2601  | 132651  | 7,1414     | 3,7084        | 19,6078                  | 160,22  | 2042,82             |
| 52  | 2704  | 140608  | 7,2111     | 3,7325        | 19,2308                  | 163,36  | 2123,72             |
| 53  | 2809  | 148877  | 7,2801     | 3,7563        | 18,8679                  | 166,50  | 2206,18             |
| 54  | 2916  | 157464  | 7,3485     | 3,7798        | 18,5185                  | 169,65  | 2290,22             |
| 55  | 3025  | 166875  | 7,4162     | 3,8030        | 18,1818                  | 172,79  | 2375,83             |
| 56  | 3136  | 176168  | 7,4833     | 3,8259        | 17,8571                  | 175,93  | 2463,01             |
| 57  | 3249  | 185198  | 7,5498     | 3,8485        | 17,5439                  | 179,07  | 2551,76             |
| 58  | 3364  | 195112  | 7,6158     | 3,8709        | 17,2414                  | 182,21  | 2642,08             |
| 59  | 3481  | 205379  | 7,6811     | 3,8930        | 16,9492                  | 185,35  | 2733,97             |
| 60  | 3600  | 216000  | 7,7460     | 3,9149        | 16,6667                  | 188,50  | 2827,43             |
| 61  | 3721  | 226981  | 7,8102     | 3,9365        | 16,3984                  | 191,64  | 2922,47             |
| 62  | 3844  | 238328  | 7,8740     | 3,9579        | 16,1290                  | 194,78  | 3019,07             |
| 63  | 3969  | 250047  | 7,9378     | 3,9791        | 15,8780                  | 197,92  | 3117,25             |
| 64  | 4096  | 262144  | 8,0000     | 4,0000        | 15,6250                  | 201,06  | 3216,99             |
| 65  | 4225  | 274625  | 8,0628     | 4,0207        | 15,3846                  | 204,20  | 3318,31             |
| 66  | 4356  | 287496  | 8,1240     | 4,0412        | 15,1515                  | 207,35  | 3421,19             |
| 67  | 4489  | 300763  | 8,1854     | 4,0615        | 14,9254                  | 210,49  | 3525,65             |
| 68  | 4624  | 314432  | 8,2462     | 4,0817        | 14,7059                  | 213,63  | 3631,68             |
| 69  | 4761  | 328509  | 8,3066     | 4,1016        | 14,4928                  | 216,77  | 3739,28             |
| 70  | 4900  | 343000  | 8,3666     | 4,1213        | 14,2857                  | 219,91  | 3848,45             |
| 71  | 5041  | 357911  | 8,4261     | 4,1408        | 14,0845                  | 223,05  | 3959,19             |
| 72  | 5184  | 373248  | 8,4853     | 4,1602        | 13,8889                  | 226,19  | 4071,50             |
| 73  | 5329  | 389017  | 8,5440     | 4,1798        | 13,6986                  | 229,34  | 4185,39             |
| 74  | 5476  | 405224  | 8,6023     | 4,1988        | 13,5135                  | 232,48  | 4300,84             |
| 75  | 5625  | 421875  | 8,6603     | 4,2172        | 13,3333                  | 235,62  | 4417,86             |
| 76  | 5776  | 438976  | 8,7178     | 4,2358        | 13,1579                  | 238,76  | 4536,46             |
| 77  | 5929  | 456533  | 8,7750     | 4,2543        | 12,9870                  | 241,90  | 4656,63             |
| 78  | 6084  | 474552  | 8,8318     | 4,2727        | 12,8205                  | 245,04  | 4773,36             |
| 79  | 6241  | 493039  | 8,8882     | 4,2908        | 12,6582                  | 248,19  | 4891,67             |
| 80  | 6400  | 512000  | 8,9443     | 4,3089        | 12,5000                  | 251,33  | 5026,55             |
| 81  | 6561  | 531441  | 9,0000     | 4,3267        | 12,3457                  | 254,47  | 5153,00             |
| 82  | 6724  | 551368  | 9,0554     | 4,3445        | 12,1951                  | 257,61  | 5281,02             |
| 83  | 6889  | 571787  | 9,1104     | 4,3621        | 12,0482                  | 260,75  | 5410,61             |
| 84  | 7056  | 592704  | 9,1652     | 4,3795        | 11,9048                  | 263,89  | 5541,77             |
| 85  | 7225  | 614125  | 9,2195     | 4,3968        | 11,7647                  | 267,04  | 5674,50             |
| 86  | 7396  | 636056  | 9,2736     | 4,4140        | 11,6279                  | 270,18  | 5808,80             |
| 87  | 7569  | 658503  | 9,3274     | 4,4310        | 11,4943                  | 273,32  | 5944,68             |
| 88  | 7744  | 681472  | 9,3808     | 4,4480        | 11,3636                  | 276,46  | 6082,12             |
| 89  | 7921  | 704969  | 9,4340     | 4,4647        | 11,2360                  | 279,60  | 6221,14             |
| 90  | 8100  | 729000  | 9,4868     | 4,4814        | 11,1111                  | 282,74  | 6361,73             |
| 91  | 8281  | 753571  | 9,5394     | 4,4979        | 10,9890                  | 285,88  | 6503,88             |
| 92  | 8464  | 778688  | 9,5917     | 4,5144        | 10,8696                  | 289,03  | 6647,61             |
| 93  | 8649  | 804357  | 9,6437     | 4,5307        | 10,7527                  | 292,17  | 6792,91             |
| 94  | 8836  | 830584  | 9,6954     | 4,5468        | 10,6383                  | 295,31  | 6939,78             |
| 95  | 9025  | 857375  | 9,7468     | 4,5629        | 10,5263                  | 298,45  | 7088,22             |
| 96  | 9216  | 884736  | 9,7980     | 4,5789        | 10,4167                  | 301,59  | 7238,23             |
| 97  | 9409  | 912673  | 9,8489     | 4,5947        | 10,3093                  | 304,78  | 7389,81             |
| 98  | 9604  | 941192  | 9,8995     | 4,6104        | 10,2041                  | 307,88  | 7542,96             |
| 99  | 9801  | 970299  | 9,9499     | 4,6261        | 10,1010                  | 311,02  | 7697,69             |
| 100 | 10000 | 1000000 | 10,0000    | 4,6416        | 10,0000                  | 314,16  | 7853,98             |



| $n$ | $n^2$ | $n^3$   | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|-------|---------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 100 | 10000 | 1000000 | 10,0000    | 4,6416        | 10,0000                  | 314,16  | 7853,98             |
| 101 | 10201 | 1030301 | 10,0499    | 4,6570        | 9,90099                  | 317,30  | 8011,85             |
| 102 | 10404 | 1061208 | 10,0995    | 4,6723        | 9,80392                  | 320,44  | 8171,28             |
| 103 | 10609 | 1092727 | 10,1480    | 4,6875        | 9,70874                  | 323,58  | 8332,29             |
| 104 | 10816 | 1124864 | 10,1980    | 4,7027        | 9,61538                  | 326,73  | 8494,87             |
| 105 | 11025 | 1157625 | 10,2470    | 4,7177        | 9,52381                  | 329,87  | 8659,01             |
| 106 | 11236 | 1191016 | 10,2956    | 4,7326        | 9,43396                  | 333,01  | 8824,73             |
| 107 | 10449 | 1225048 | 10,3441    | 4,7475        | 9,34579                  | 336,15  | 8992,02             |
| 108 | 11664 | 1259712 | 10,3923    | 4,7622        | 9,25926                  | 339,29  | 9160,88             |
| 109 | 11881 | 1295029 | 10,4403    | 4,7769        | 9,17431                  | 342,43  | 9331,32             |
| 110 | 12100 | 1331000 | 10,4881    | 4,7914        | 9,09091                  | 345,58  | 9503,32             |
| 111 | 12321 | 1367631 | 10,5357    | 4,8059        | 9,00901                  | 348,72  | 9676,89             |
| 112 | 12544 | 1404928 | 10,5830    | 4,8203        | 8,92857                  | 351,86  | 9852,03             |
| 113 | 12769 | 1442897 | 10,6301    | 4,8346        | 8,84956                  | 355,00  | 10028,7             |
| 114 | 12996 | 1481544 | 10,6771    | 4,8488        | 8,77193                  | 358,14  | 10207,0             |
| 115 | 13225 | 1520875 | 10,7238    | 4,8629        | 8,69565                  | 361,28  | 10386,9             |
| 116 | 13456 | 1560896 | 10,7703    | 4,8770        | 8,62069                  | 364,42  | 10568,3             |
| 117 | 13689 | 1601613 | 10,8167    | 4,8910        | 8,54701                  | 367,57  | 10751,3             |
| 118 | 13924 | 1643032 | 10,8628    | 4,9049        | 8,47458                  | 370,71  | 10935,9             |
| 119 | 14161 | 1685159 | 10,9087    | 4,9187        | 8,40336                  | 373,85  | 11122,0             |
| 120 | 14400 | 1728000 | 10,9545    | 4,9324        | 8,33333                  | 376,99  | 11309,7             |
| 121 | 14641 | 1771561 | 11,0000    | 4,9461        | 8,26446                  | 380,13  | 11499,0             |
| 122 | 14884 | 1815848 | 11,0454    | 4,9597        | 8,19672                  | 383,27  | 11689,9             |
| 123 | 15129 | 1860867 | 11,0905    | 4,9732        | 8,13008                  | 386,42  | 11882,3             |
| 124 | 15376 | 1906624 | 11,1355    | 4,9866        | 8,06452                  | 389,56  | 12076,3             |
| 125 | 15625 | 1953125 | 11,1803    | 5,0000        | 8,00000                  | 392,70  | 12271,8             |
| 126 | 15876 | 2000376 | 11,2250    | 5,0133        | 7,93651                  | 395,84  | 12469,0             |
| 127 | 16129 | 2048383 | 11,2694    | 5,0265        | 7,87402                  | 398,98  | 12667,7             |
| 128 | 16384 | 2097152 | 11,3137    | 5,0397        | 7,81250                  | 402,12  | 12868,0             |
| 129 | 16641 | 2146689 | 11,3578    | 5,0528        | 7,75194                  | 405,27  | 13069,8             |
| 130 | 16900 | 2197000 | 11,4018    | 5,0658        | 7,69231                  | 408,41  | 13273,2             |
| 131 | 17161 | 2248091 | 11,4455    | 5,0788        | 7,63359                  | 411,55  | 13478,2             |
| 132 | 17424 | 2299968 | 11,4891    | 5,0918        | 7,57576                  | 414,69  | 13684,8             |
| 133 | 17689 | 2352637 | 11,5326    | 5,1045        | 7,51880                  | 417,83  | 13892,9             |
| 134 | 17956 | 2406104 | 11,5758    | 5,1172        | 7,46269                  | 420,97  | 14102,6             |
| 135 | 18225 | 2460875 | 11,6190    | 5,1299        | 7,40741                  | 424,12  | 14313,9             |
| 136 | 18496 | 2515456 | 11,6619    | 5,1426        | 7,35294                  | 427,26  | 14526,7             |
| 137 | 18769 | 2571353 | 11,7047    | 5,1551        | 7,29927                  | 430,40  | 14741,1             |
| 138 | 19044 | 2628072 | 11,7473    | 5,1676        | 7,24638                  | 433,54  | 14957,1             |
| 139 | 19321 | 2685619 | 11,7898    | 5,1801        | 7,19424                  | 436,68  | 15174,7             |
| 140 | 19600 | 2744000 | 11,8322    | 5,1925        | 7,14286                  | 439,82  | 15393,8             |
| 141 | 19881 | 2803221 | 11,8743    | 5,2048        | 7,09220                  | 442,96  | 15614,5             |
| 142 | 20164 | 2863288 | 11,9164    | 5,2171        | 7,04225                  | 446,11  | 15836,8             |
| 143 | 20449 | 2924207 | 11,9583    | 5,2293        | 6,99301                  | 449,25  | 16060,6             |
| 144 | 20736 | 2985984 | 12,0000    | 5,2415        | 6,94444                  | 452,39  | 16286,0             |
| 145 | 21025 | 3048625 | 12,0416    | 5,2536        | 6,89655                  | 455,53  | 16513,0             |
| 146 | 21316 | 3112136 | 12,0830    | 5,2656        | 6,84932                  | 458,67  | 16741,5             |
| 147 | 21609 | 3176523 | 12,1244    | 5,2776        | 6,80272                  | 461,81  | 16971,7             |
| 148 | 21904 | 3241792 | 12,1655    | 5,2896        | 6,75676                  | 464,96  | 17203,4             |
| 149 | 22201 | 3307949 | 12,2066    | 5,3015        | 6,71141                  | 468,10  | 17436,6             |
| 150 | 22500 | 3375000 | 12,2474    | 5,3133        | 6,66667                  | 471,24  | 17671,5             |

T a b e l a No 3.

5

| n   | n <sup>2</sup> | n <sup>3</sup> | $\sqrt{n}$ | $\frac{1}{\sqrt{n}}$ | 1000 · $\frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|----------------|----------------|------------|----------------------|----------------------|---------|---------------------|
| 150 | 22500          | 8375000        | 12,2474    | 5,3133               | 6,66667              | 471,24  | 17681,5             |
| 151 | 22801          | 8442951        | 12,2882    | 5,3251               | 6,62252              | 474,38  | 17907,9             |
| 152 | 23104          | 8511808        | 12,3288    | 5,3368               | 6,57895              | 477,52  | 18145,8             |
| 153 | 23409          | 8581577        | 12,3693    | 5,3485               | 6,53595              | 480,66  | 18385,4             |
| 154 | 23716          | 8652264        | 12,4097    | 5,3601               | 6,49351              | 483,81  | 18626,5             |
| 155 | 24025          | 8723875        | 12,4499    | 5,3717               | 6,45161              | 486,95  | 18869,2             |
| 156 | 24336          | 8796416        | 12,4900    | 5,3832               | 6,41026              | 490,09  | 19113,4             |
| 157 | 24649          | 8869893        | 12,5300    | 5,3947               | 6,36943              | 493,23  | 19359,3             |
| 158 | 24964          | 8944312        | 12,5698    | 5,4061               | 6,32911              | 496,37  | 19606,7             |
| 159 | 25281          | 4019679        | 12,6095    | 5,4175               | 6,28931              | 499,51  | 19855,7             |
| 160 | 25600          | 4096000        | 12,6491    | 5,4288               | 6,25000              | 502,65  | 20106,2             |
| 161 | 25921          | 4173281        | 12,6886    | 5,4401               | 6,21118              | 505,80  | 20358,3             |
| 162 | 26244          | 4251528        | 12,7279    | 5,4514               | 6,17284              | 508,94  | 20612,0             |
| 163 | 26569          | 4330747        | 12,7671    | 5,4626               | 6,13497              | 512,08  | 20867,2             |
| 164 | 26896          | 4410944        | 12,8062    | 5,4737               | 6,09756              | 515,22  | 21124,1             |
| 165 | 27225          | 4492125        | 12,8452    | 5,4848               | 6,06061              | 518,36  | 21382,5             |
| 166 | 27556          | 4574296        | 12,8841    | 5,4959               | 6,02410              | 521,50  | 21642,4             |
| 167 | 27889          | 4657463        | 12,9228    | 5,5069               | 5,98802              | 524,65  | 21904,0             |
| 168 | 28224          | 4741632        | 12,9615    | 5,5178               | 5,95238              | 527,79  | 22167,1             |
| 169 | 28561          | 4826809        | 13,0000    | 5,5288               | 5,91716              | 530,93  | 22431,8             |
| 170 | 28900          | 4913000        | 13,0384    | 5,5397               | 5,88235              | 534,07  | 22698,0             |
| 171 | 29241          | 5000211        | 13,0767    | 5,5505               | 5,84795              | 537,21  | 22965,8             |
| 172 | 29584          | 5088448        | 13,1149    | 5,5613               | 5,81395              | 540,35  | 23235,2             |
| 173 | 29929          | 5177717        | 13,1529    | 5,5721               | 5,78035              | 543,50  | 23506,2             |
| 174 | 30276          | 5268024        | 13,1909    | 5,5828               | 5,74713              | 546,64  | 23778,7             |
| 175 | 30625          | 5359375        | 13,2288    | 5,5934               | 5,71429              | 549,78  | 24052,8             |
| 176 | 30976          | 5451776        | 13,2665    | 5,6041               | 5,68182              | 552,92  | 24328,5             |
| 177 | 31329          | 5545233        | 13,3041    | 5,6147               | 5,64972              | 556,06  | 24605,7             |
| 178 | 31684          | 5639752        | 13,3417    | 5,6252               | 5,61798              | 559,20  | 24884,6             |
| 179 | 32041          | 5735339        | 13,3791    | 5,6357               | 5,58659              | 562,35  | 25164,9             |
| 180 | 32400          | 5832000        | 13,4164    | 5,6462               | 5,55556              | 565,49  | 25446,9             |
| 181 | 32761          | 5929741        | 13,4536    | 5,6567               | 5,52486              | 568,63  | 25730,4             |
| 182 | 33124          | 6028568        | 13,4907    | 5,6671               | 5,49451              | 571,77  | 26015,5             |
| 183 | 33489          | 6128487        | 13,5277    | 5,6774               | 5,46448              | 574,91  | 26302,2             |
| 184 | 33856          | 6229504        | 13,5647    | 5,6877               | 5,43478              | 578,05  | 26590,4             |
| 185 | 34225          | 6331625        | 13,6015    | 5,6980               | 5,40541              | 581,19  | 26880,3             |
| 186 | 34596          | 6434856        | 13,6382    | 5,7083               | 5,37634              | 584,34  | 27171,6             |
| 187 | 34969          | 6539203        | 13,6748    | 5,7185               | 5,34759              | 587,48  | 27464,6             |
| 188 | 35344          | 6644672        | 13,7113    | 5,7287               | 5,31915              | 590,62  | 27759,1             |
| 189 | 35721          | 6751269        | 13,7477    | 5,7388               | 5,29101              | 593,76  | 28055,2             |
| 190 | 36100          | 6859000        | 13,7840    | 5,7489               | 5,26316              | 596,90  | 28352,9             |
| 191 | 36481          | 6967871        | 13,8203    | 5,7590               | 5,23560              | 600,04  | 28652,1             |
| 192 | 36864          | 7077888        | 13,8564    | 5,7690               | 5,20833              | 603,19  | 28952,9             |
| 193 | 37249          | 7189057        | 13,8924    | 5,7790               | 5,18135              | 606,33  | 29255,3             |
| 194 | 37636          | 7301384        | 13,9284    | 5,7890               | 5,15464              | 609,47  | 29559,2             |
| 195 | 38025          | 7414875        | 13,9642    | 5,7989               | 5,12821              | 612,61  | 29864,8             |
| 196 | 38416          | 7529536        | 14,0000    | 5,8088               | 5,10204              | 615,76  | 30171,9             |
| 197 | 38809          | 7645373        | 14,0357    | 5,8186               | 5,07614              | 618,89  | 30480,5             |
| 198 | 39204          | 7762392        | 14,0712    | 5,8285               | 5,05051              | 622,04  | 30790,7             |
| 199 | 39601          | 7880599        | 14,1067    | 5,8383               | 5,02513              | 625,18  | 31102,6             |
| 200 | 40000          | 8000000        | 14,1421    | 5,8480               | 5,00000              | 628,32  | 31415,9             |

| $n$ | $n^2$ | $n^3$    | $\sqrt{n}$ | $\frac{1}{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|-------|----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 200 | 40000 | 8000000  | 14,1421    | 5,8480        | 5,00000                  | 628,32  | 31415,9             |
| 201 | 40401 | 8120601  | 14,1774    | 5,8578        | 4,97512                  | 631,46  | 31730,9             |
| 202 | 40804 | 8242408  | 14,2127    | 5,8675        | 4,95050                  | 634,60  | 32047,4             |
| 203 | 41209 | 8365427  | 14,2478    | 5,8771        | 4,92611                  | 637,74  | 32365,5             |
| 204 | 41616 | 8489664  | 14,2829    | 5,8868        | 4,90196                  | 640,88  | 32685,1             |
| 205 | 42025 | 8615125  | 14,3178    | 5,8964        | 4,87805                  | 644,03  | 33006,4             |
| 206 | 42436 | 8741816  | 14,3527    | 5,9069        | 4,85437                  | 647,17  | 33329,2             |
| 207 | 42849 | 8869743  | 14,3875    | 5,9155        | 4,83092                  | 650,31  | 33653,5             |
| 208 | 43264 | 8998912  | 14,4222    | 5,9250        | 4,80769                  | 653,45  | 33979,5             |
| 209 | 43681 | 9129329  | 14,4568    | 5,9345        | 4,78469                  | 656,59  | 34307,0             |
| 210 | 44100 | 9261000  | 14,4914    | 5,9439        | 4,76190                  | 659,73  | 34636,1             |
| 211 | 44521 | 9393931  | 14,5258    | 5,9533        | 4,73934                  | 662,88  | 34966,7             |
| 212 | 44944 | 9528128  | 14,5602    | 5,9627        | 4,71698                  | 666,02  | 35298,9             |
| 213 | 45369 | 9663597  | 14,5945    | 5,9721        | 4,69484                  | 669,16  | 35632,7             |
| 214 | 45796 | 9800344  | 14,6287    | 5,9814        | 4,67290                  | 672,30  | 35968,1             |
| 215 | 46225 | 9938375  | 14,6629    | 5,9907        | 4,65116                  | 675,44  | 36305,0             |
| 216 | 46656 | 10077696 | 14,6969    | 6,0000        | 4,62963                  | 678,58  | 36643,5             |
| 217 | 47089 | 10218313 | 14,7309    | 6,0092        | 4,60829                  | 681,73  | 36983,6             |
| 218 | 47524 | 10360232 | 14,7648    | 6,0185        | 4,58716                  | 684,87  | 37325,3             |
| 219 | 47961 | 10503459 | 14,7986    | 6,0277        | 4,56621                  | 688,01  | 37668,5             |
| 220 | 48400 | 10648000 | 14,8324    | 6,0368        | 4,54545                  | 691,15  | 38013,3             |
| 221 | 48841 | 10793861 | 14,8661    | 6,0459        | 4,52489                  | 694,29  | 38359,6             |
| 222 | 49284 | 10941048 | 14,8997    | 6,0550        | 4,50450                  | 697,43  | 38707,6             |
| 223 | 49729 | 11089567 | 14,9332    | 6,0641        | 4,48430                  | 700,58  | 39057,1             |
| 224 | 50176 | 11239424 | 14,9666    | 6,0732        | 4,46429                  | 703,72  | 39408,1             |
| 225 | 50625 | 11390625 | 15,0000    | 6,0822        | 4,44444                  | 706,86  | 39760,8             |
| 226 | 51076 | 11543176 | 15,0333    | 6,0912        | 4,42478                  | 710,00  | 40115,0             |
| 227 | 51529 | 11697083 | 15,0665    | 6,1002        | 4,40529                  | 713,14  | 40470,8             |
| 228 | 51984 | 11852352 | 15,0997    | 6,1091        | 4,38596                  | 716,28  | 40828,1             |
| 229 | 52441 | 12008989 | 15,1327    | 6,1180        | 4,36681                  | 719,42  | 41187,1             |
| 230 | 52900 | 12167000 | 15,1658    | 6,1269        | 4,34783                  | 722,57  | 41547,6             |
| 231 | 53361 | 12326391 | 15,1987    | 6,1358        | 4,32900                  | 725,71  | 41909,6             |
| 232 | 53824 | 12487168 | 15,2315    | 6,1446        | 4,31034                  | 728,85  | 42278,3             |
| 233 | 54289 | 12649387 | 15,2643    | 6,1534        | 4,29185                  | 731,99  | 42638,5             |
| 234 | 54756 | 12812904 | 15,2971    | 6,1622        | 4,27350                  | 735,13  | 43005,3             |
| 235 | 55225 | 12977875 | 15,3297    | 6,1710        | 4,25532                  | 738,27  | 43378,6             |
| 236 | 55696 | 13144256 | 15,3623    | 6,1797        | 4,23729                  | 741,42  | 43743,5             |
| 237 | 56169 | 13312053 | 15,3948    | 6,1885        | 4,21941                  | 744,56  | 44115,0             |
| 238 | 56644 | 13481272 | 15,4272    | 6,1972        | 4,20168                  | 747,70  | 44488,1             |
| 239 | 57121 | 13651919 | 15,4596    | 6,2058        | 4,18410                  | 750,84  | 44862,7             |
| 240 | 57600 | 13824000 | 15,4919    | 6,2145        | 4,16667                  | 753,98  | 45238,9             |
| 241 | 58081 | 13997521 | 15,5242    | 6,2231        | 4,14938                  | 757,12  | 45616,7             |
| 242 | 58564 | 14172488 | 15,5563    | 6,2317        | 4,13223                  | 760,27  | 45996,1             |
| 243 | 59049 | 14348907 | 15,5885    | 6,2403        | 4,11523                  | 763,41  | 46377,0             |
| 244 | 59536 | 14526784 | 15,6205    | 6,2488        | 4,09836                  | 766,55  | 46759,5             |
| 245 | 60025 | 14706125 | 15,6525    | 6,2573        | 4,08163                  | 769,69  | 47143,5             |
| 246 | 60516 | 14886936 | 15,6844    | 6,2668        | 4,06504                  | 772,83  | 47529,2             |
| 247 | 61009 | 15069223 | 15,7162    | 6,2743        | 4,04858                  | 775,97  | 47916,4             |
| 248 | 61504 | 15252992 | 15,7480    | 6,2828        | 4,03226                  | 779,11  | 48305,1             |
| 249 | 62001 | 15438249 | 15,7797    | 6,2912        | 4,01606                  | 782,26  | 48696,5             |
| 250 | 62500 | 15625000 | 15,8114    | 6,2996        | 4,00000                  | 785,40  | 49087,4             |

T a b e l a № 3.

7

| $n$ | $n^2$ | $n^3$    | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|-------|----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 250 | 62500 | 15825000 | 15,8114    | 6,2998        | 4,00000                  | 785,40  | 49087,4             |
| 251 | 63001 | 15818251 | 15,8430    | 6,3080        | 3,98406                  | 788,54  | 49480,9             |
| 252 | 63504 | 16003008 | 15,8745    | 6,3164        | 3,96825                  | 791,68  | 49875,9             |
| 253 | 64009 | 16194277 | 15,9060    | 6,3247        | 3,95257                  | 794,82  | 50272,6             |
| 254 | 64516 | 16387064 | 15,9374    | 6,3330        | 3,93701                  | 797,96  | 50670,7             |
| 255 | 65025 | 16581875 | 15,9687    | 6,3413        | 3,92157                  | 801,11  | 51070,5             |
| 256 | 65536 | 16777216 | 16,0000    | 6,3496        | 3,90625                  | 804,26  | 51471,9             |
| 257 | 66049 | 16974593 | 16,0312    | 6,3579        | 3,89105                  | 807,39  | 51874,8             |
| 258 | 66564 | 17173512 | 16,0624    | 6,3661        | 3,87597                  | 810,53  | 52279,2             |
| 259 | 67081 | 17373979 | 16,0935    | 6,3743        | 3,86100                  | 813,67  | 52685,3             |
| 260 | 67600 | 17576000 | 16,1245    | 6,3825        | 3,84615                  | 816,81  | 53092,9             |
| 261 | 68121 | 17779581 | 16,1555    | 6,3907        | 3,83142                  | 819,96  | 53502,1             |
| 262 | 68644 | 17984728 | 16,1864    | 6,3988        | 3,81679                  | 823,10  | 53912,9             |
| 263 | 69169 | 18191447 | 16,2173    | 6,4070        | 3,80228                  | 826,24  | 54325,2             |
| 264 | 69696 | 18399744 | 16,2481    | 6,4151        | 3,78788                  | 829,38  | 54739,1             |
| 265 | 70225 | 18609625 | 16,2788    | 6,4232        | 3,77358                  | 832,52  | 55154,6             |
| 266 | 70756 | 18821096 | 16,3095    | 6,4312        | 3,75940                  | 835,66  | 55571,6             |
| 267 | 71289 | 19034163 | 16,3401    | 6,4393        | 3,74532                  | 838,81  | 55990,2             |
| 268 | 71824 | 19248832 | 16,3707    | 6,4473        | 3,73134                  | 841,95  | 56410,4             |
| 269 | 72361 | 19465109 | 16,4012    | 6,4553        | 3,71747                  | 845,09  | 56832,2             |
| 270 | 72900 | 19683000 | 16,4317    | 6,4633        | 3,70370                  | 848,23  | 57255,5             |
| 271 | 73441 | 19902511 | 16,4621    | 6,4713        | 3,69004                  | 851,37  | 57680,4             |
| 272 | 73984 | 20123648 | 16,4924    | 6,4792        | 3,67647                  | 854,51  | 58106,9             |
| 273 | 74529 | 20346417 | 16,5227    | 6,4872        | 3,66300                  | 857,65  | 58534,9             |
| 274 | 75076 | 20570824 | 16,5529    | 6,4951        | 3,64964                  | 860,80  | 58964,6             |
| 275 | 75625 | 20796875 | 16,5831    | 6,5030        | 3,63636                  | 863,94  | 59395,7             |
| 276 | 76176 | 21024576 | 16,6132    | 6,5108        | 3,62319                  | 867,08  | 59828,5             |
| 277 | 76729 | 21253933 | 16,6433    | 6,5187        | 3,61011                  | 870,22  | 60262,8             |
| 278 | 77284 | 21484952 | 16,6733    | 6,5265        | 3,59712                  | 873,36  | 60698,7             |
| 279 | 77841 | 21717639 | 16,7033    | 6,5343        | 3,58423                  | 876,50  | 61136,2             |
| 280 | 78400 | 21952000 | 16,7332    | 6,5421        | 3,57143                  | 879,65  | 61575,2             |
| 281 | 78961 | 22188041 | 16,7631    | 6,5499        | 3,55872                  | 882,79  | 62015,8             |
| 282 | 79524 | 22425768 | 16,7929    | 6,5577        | 3,54610                  | 885,93  | 62458,0             |
| 283 | 80089 | 22665187 | 16,8226    | 6,5654        | 3,53357                  | 889,07  | 62901,8             |
| 284 | 80656 | 22906304 | 16,8523    | 6,5731        | 3,52113                  | 892,21  | 63347,1             |
| 285 | 81225 | 23149125 | 16,8819    | 6,5808        | 3,50877                  | 895,35  | 63794,0             |
| 286 | 81796 | 23393656 | 16,9115    | 6,5885        | 3,49650                  | 898,50  | 64242,4             |
| 287 | 82369 | 23639903 | 16,9411    | 6,5962        | 3,48432                  | 901,64  | 64692,5             |
| 288 | 82944 | 23887872 | 16,9706    | 6,6039        | 3,47222                  | 904,78  | 65144,1             |
| 289 | 83521 | 24137569 | 17,0000    | 6,6115        | 3,46021                  | 907,92  | 65597,2             |
| 290 | 84100 | 24389000 | 17,0294    | 6,6191        | 3,44828                  | 911,06  | 66052,9             |
| 291 | 84681 | 24642171 | 17,0587    | 6,6267        | 3,43643                  | 914,20  | 66508,3             |
| 292 | 85264 | 24897088 | 17,0880    | 6,6343        | 3,42466                  | 917,35  | 66966,2             |
| 293 | 85849 | 25153757 | 17,1172    | 6,6419        | 3,41297                  | 920,49  | 67425,6             |
| 294 | 86436 | 25412184 | 17,1464    | 6,6494        | 3,40136                  | 923,63  | 67886,7             |
| 295 | 87025 | 25672375 | 17,1756    | 6,6569        | 3,38983                  | 926,77  | 68349,3             |
| 296 | 87616 | 25934336 | 17,2047    | 6,6644        | 3,37833                  | 929,91  | 68812,4             |
| 297 | 88209 | 26198073 | 17,2337    | 6,6719        | 3,36700                  | 933,05  | 69279,2             |
| 298 | 88804 | 26463592 | 17,2627    | 6,6794        | 3,35570                  | 936,19  | 69746,5             |
| 299 | 89401 | 26730899 | 17,2916    | 6,6869        | 3,34448                  | 939,34  | 70215,4             |
| 300 | 90000 | 27000000 | 17,3205    | 6,6943        | 3,33333                  | 942,48  | 70685,8             |

|            | $u^2$  | $u^3$    | $\sqrt{u}$ | $\sqrt[3]{u}$ | $1000 \cdot \frac{1}{u}$ | $\pi u$ | $\frac{\pi^2}{4}$ |
|------------|--------|----------|------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------|
| <b>300</b> | 90000  | 27000000 | 17,3205    | 6,6943        | 3,33333                  | 942,48  | 70685,8           |
| 301        | 90601  | 27270901 | 17,3494    | 6,7018        | 3,32226                  | 945,62  | 71157,9           |
| 302        | 91204  | 27543608 | 17,3781    | 6,7092        | 3,31126                  | 948,76  | 71631,5           |
| 303        | 91809  | 27818127 | 17,4069    | 6,7166        | 3,30033                  | 951,90  | 72106,6           |
| 304        | 92416  | 28094464 | 17,4356    | 6,7240        | 3,28947                  | 955,04  | 72583,4           |
| 305        | 93025  | 28372625 | 17,4642    | 6,7313        | 3,27869                  | 958,19  | 73061,7           |
| 306        | 93636  | 28652616 | 17,4929    | 6,7387        | 3,26797                  | 961,33  | 73541,5           |
| 307        | 94249  | 28934443 | 17,5214    | 6,7460        | 3,25733                  | 964,47  | 74023,0           |
| 308        | 94864  | 29218112 | 17,5499    | 6,7533        | 3,24675                  | 967,61  | 74506,0           |
| 309        | 95481  | 29503629 | 17,5784    | 6,7606        | 3,23625                  | 970,75  | 74990,6           |
| <b>310</b> | 96100  | 29791000 | 17,6068    | 6,7679        | 3,22581                  | 973,89  | 75476,8           |
| 311        | 96721  | 30080231 | 17,6352    | 6,7752        | 3,21543                  | 977,04  | 75964,5           |
| 312        | 97344  | 30371328 | 17,6635    | 6,7824        | 3,20513                  | 980,18  | 76453,8           |
| 313        | 97969  | 30664297 | 17,6918    | 6,7897        | 3,19489                  | 983,32  | 76944,7           |
| 314        | 98596  | 30959144 | 17,7200    | 6,7969        | 3,18471                  | 986,46  | 77437,1           |
| 315        | 99225  | 31255875 | 17,7482    | 6,8041        | 3,17460                  | 989,60  | 77931,1           |
| 316        | 99856  | 31554496 | 17,7764    | 6,8113        | 3,16456                  | 992,74  | 78426,7           |
| 317        | 100489 | 31855013 | 17,8045    | 6,8185        | 3,15457                  | 995,88  | 78923,9           |
| 318        | 101124 | 32157432 | 17,8326    | 6,8256        | 3,14465                  | 999,03  | 79422,6           |
| 319        | 101761 | 32461759 | 17,8606    | 6,8328        | 3,13480                  | 1002,2  | 79922,9           |
| <b>320</b> | 102400 | 32768000 | 17,8885    | 6,8399        | 3,12500                  | 1005,3  | 80424,8           |
| 321        | 103041 | 33076161 | 17,9165    | 6,8470        | 3,11526                  | 1008,5  | 80928,2           |
| 322        | 103684 | 33386248 | 17,9444    | 6,8541        | 3,10559                  | 1011,6  | 81433,2           |
| 323        | 104329 | 33698267 | 17,9722    | 6,8612        | 3,09598                  | 1014,7  | 81939,8           |
| 324        | 104976 | 34012224 | 18,0000    | 6,8683        | 3,08642                  | 1017,9  | 82448,0           |
| 325        | 105625 | 34328125 | 18,0278    | 6,8753        | 3,07692                  | 1021,0  | 82957,7           |
| 326        | 106276 | 34645976 | 18,0555    | 6,8824        | 3,06749                  | 1024,2  | 83469,0           |
| 327        | 106929 | 34965783 | 18,0831    | 6,8894        | 3,05810                  | 1027,3  | 83981,8           |
| 328        | 107584 | 35287552 | 18,1108    | 6,8964        | 3,04878                  | 1030,4  | 84496,3           |
| 329        | 108241 | 35611289 | 18,1384    | 6,9034        | 3,03951                  | 1033,6  | 85012,3           |
| <b>330</b> | 108900 | 35937000 | 18,1659    | 6,9104        | 3,03030                  | 1036,7  | 85529,9           |
| 331        | 109561 | 36264691 | 18,1934    | 6,9174        | 3,02115                  | 1039,9  | 86049,0           |
| 332        | 110224 | 36594368 | 18,2209    | 6,9244        | 3,01205                  | 1043,0  | 86569,7           |
| 333        | 110889 | 36926037 | 18,2483    | 6,9313        | 3,00300                  | 1046,2  | 87092,0           |
| 334        | 111556 | 37259704 | 18,2757    | 6,9382        | 2,99401                  | 1049,3  | 87615,9           |
| 335        | 112225 | 37595375 | 18,3030    | 6,9451        | 2,98507                  | 1052,4  | 88141,3           |
| 336        | 112896 | 37933056 | 18,3303    | 6,9521        | 2,97619                  | 1055,6  | 88668,3           |
| 337        | 113569 | 38272753 | 18,3576    | 6,9589        | 2,96736                  | 1058,7  | 89196,9           |
| 338        | 114244 | 38614472 | 18,3848    | 6,9658        | 2,95858                  | 1061,9  | 89727,0           |
| 339        | 114921 | 38958219 | 18,4120    | 6,9727        | 2,94985                  | 1065,0  | 90258,7           |
| <b>340</b> | 115600 | 39304000 | 18,4391    | 6,9795        | 2,94118                  | 1068,1  | 90792,0           |
| 341        | 116281 | 39651821 | 18,4662    | 6,9864        | 2,93255                  | 1071,3  | 91326,9           |
| 342        | 116964 | 40001688 | 18,4932    | 6,9932        | 2,92398                  | 1074,4  | 91863,3           |
| 343        | 117649 | 40353607 | 18,5203    | 7,0000        | 2,91545                  | 1077,6  | 92401,3           |
| 344        | 118336 | 40707584 | 18,5472    | 7,0068        | 2,90698                  | 1080,7  | 92940,9           |
| 345        | 119025 | 41063625 | 18,5742    | 7,0136        | 2,89855                  | 1083,8  | 93482,0           |
| 346        | 119716 | 41421736 | 18,6011    | 7,0203        | 2,89017                  | 1087,0  | 94024,7           |
| 347        | 120409 | 41781923 | 18,6279    | 7,0271        | 2,88184                  | 1090,1  | 94569,0           |
| 348        | 121104 | 42144192 | 18,6548    | 7,0338        | 2,87356                  | 1093,3  | 95114,9           |
| 349        | 121801 | 42508549 | 18,6815    | 7,0406        | 2,86533                  | 1096,4  | 95662,3           |
| <b>350</b> | 122500 | 42875000 | 18,7083    | 7,0473        | 2,85714                  | 1099,6  | 96211,3           |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$    | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^3}{4}$ |
|-----|--------|----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 350 | 122500 | 42875000 | 18,7083    | 7,0473        | 2,85714                  | 1099,6  | 96211,3             |
| 351 | 123201 | 43243551 | 18,7350    | 7,0540        | 2,84900                  | 1102,7  | 96761,8             |
| 352 | 123904 | 43614208 | 18,7617    | 7,0607        | 2,84091                  | 1105,8  | 97314,0             |
| 353 | 124609 | 43986977 | 18,7883    | 7,0674        | 2,83286                  | 1109,0  | 97867,7             |
| 354 | 125316 | 44361864 | 18,8140    | 7,0740        | 2,82486                  | 1112,1  | 98423,0             |
| 355 | 126025 | 44738875 | 18,8411    | 7,0807        | 2,81690                  | 1115,3  | 98979,8             |
| 356 | 126736 | 45118016 | 18,8680    | 7,0873        | 2,80899                  | 1118,4  | 99538,2             |
| 357 | 127449 | 45499293 | 18,8944    | 7,0940        | 2,80112                  | 1121,5  | 100098              |
| 358 | 128164 | 45882712 | 18,9209    | 7,1006        | 2,79330                  | 1124,7  | 100660              |
| 359 | 128881 | 46268379 | 18,9473    | 7,1072        | 2,78552                  | 1127,8  | 101223              |
| 360 | 129600 | 46656000 | 18,9737    | 7,1138        | 2,77778                  | 1131,0  | 101788              |
| 361 | 130321 | 47045881 | 19,0000    | 7,1204        | 2,77008                  | 1134,1  | 102354              |
| 362 | 131044 | 47437928 | 19,0263    | 7,1269        | 2,76243                  | 1137,3  | 102922              |
| 363 | 131769 | 47832147 | 19,0526    | 7,1335        | 2,75482                  | 1140,4  | 103491              |
| 364 | 132496 | 48228544 | 19,0788    | 7,1400        | 2,74725                  | 1143,5  | 104062              |
| 365 | 133225 | 48627125 | 19,1050    | 7,1466        | 2,73973                  | 1146,7  | 104635              |
| 366 | 133956 | 49027896 | 19,1311    | 7,1531        | 2,73224                  | 1149,8  | 105209              |
| 367 | 134689 | 49430863 | 19,1572    | 7,1596        | 2,72480                  | 1153,0  | 105785              |
| 368 | 135424 | 49836032 | 19,1833    | 7,1661        | 2,71739                  | 1156,1  | 106362              |
| 369 | 136161 | 50243409 | 19,2094    | 7,1726        | 2,71003                  | 1159,2  | 106941              |
| 370 | 136900 | 50653000 | 19,2354    | 7,1791        | 2,70270                  | 1162,4  | 107521              |
| 371 | 137641 | 51064811 | 19,2614    | 7,1855        | 2,69542                  | 1165,5  | 108103              |
| 372 | 138384 | 51478848 | 19,2873    | 7,1920        | 2,68817                  | 1168,7  | 108687              |
| 373 | 139129 | 51895117 | 19,3132    | 7,1984        | 2,68097                  | 1171,8  | 109272              |
| 374 | 139876 | 52313624 | 19,3391    | 7,2048        | 2,67380                  | 1175,0  | 109858              |
| 375 | 140625 | 52734375 | 19,3649    | 7,2112        | 2,66667                  | 1178,1  | 110447              |
| 376 | 141376 | 53157376 | 19,3907    | 7,2177        | 2,65957                  | 1181,2  | 111036              |
| 377 | 142129 | 53582633 | 19,4165    | 7,2240        | 2,65252                  | 1184,4  | 111628              |
| 378 | 142884 | 54010152 | 19,4422    | 7,2304        | 2,64550                  | 1187,5  | 112221              |
| 379 | 143641 | 54439939 | 19,4679    | 7,2368        | 2,63852                  | 1190,7  | 112815              |
| 380 | 144400 | 54872000 | 19,4936    | 7,2432        | 2,63158                  | 1193,8  | 113411              |
| 381 | 145161 | 55306341 | 19,5192    | 7,2495        | 2,62467                  | 1196,9  | 114009              |
| 382 | 145924 | 55742968 | 19,5448    | 7,2558        | 2,61780                  | 1200,1  | 114608              |
| 383 | 146689 | 56181887 | 19,5705    | 7,2622        | 2,61097                  | 1203,2  | 115209              |
| 384 | 147456 | 56623104 | 19,5959    | 7,2685        | 2,60417                  | 1206,4  | 115812              |
| 385 | 148225 | 57066625 | 19,6214    | 7,2748        | 2,59740                  | 1209,5  | 116416              |
| 386 | 148996 | 57512456 | 19,6469    | 7,2811        | 2,59067                  | 1212,7  | 117021              |
| 387 | 149769 | 57960603 | 19,6723    | 7,2874        | 2,58398                  | 1215,8  | 117628              |
| 388 | 150544 | 58411072 | 19,6977    | 7,2936        | 2,57732                  | 1218,9  | 118237              |
| 389 | 151321 | 58863860 | 19,7231    | 7,2999        | 2,57069                  | 1222,1  | 118847              |
| 390 | 152100 | 59319000 | 19,7484    | 7,3061        | 2,56410                  | 1225,2  | 119459              |
| 391 | 152881 | 59776471 | 19,7737    | 7,3124        | 2,55754                  | 1228,4  | 120072              |
| 392 | 153664 | 60236288 | 19,7990    | 7,3186        | 2,55102                  | 1231,5  | 120687              |
| 393 | 154449 | 60698457 | 19,8246    | 7,3248        | 2,54453                  | 1234,6  | 121304              |
| 394 | 155236 | 61162984 | 19,8494    | 7,3310        | 2,53807                  | 1237,8  | 121922              |
| 395 | 156025 | 61629875 | 19,8746    | 7,3372        | 2,53165                  | 1240,9  | 122542              |
| 396 | 156816 | 62099136 | 19,8997    | 7,3434        | 2,52525                  | 1244,1  | 123163              |
| 397 | 157609 | 62570773 | 19,9249    | 7,3494        | 2,51889                  | 1247,2  | 123786              |
| 398 | 158404 | 63044792 | 19,9499    | 7,3558        | 2,51256                  | 1250,4  | 124410              |
| 399 | 159201 | 63521199 | 19,9750    | 7,3619        | 2,50627                  | 1253,5  | 125036              |
| 400 | 160000 | 64000000 | 20,0000    | 7,3681        | 2,50000                  | 1256,6  | 125664              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$    | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 400 | 160000 | 64000000 | 20,0000    | 7,3681        | 2,50000                  | 1256,6  | 125664              |
| 401 | 160801 | 64481201 | 20,0250    | 7,3742        | 2,49377                  | 1259,8  | 126293              |
| 402 | 161604 | 64964808 | 20,0499    | 7,3803        | 2,48756                  | 1262,9  | 126923              |
| 403 | 162409 | 65450827 | 20,0749    | 7,3864        | 2,48139                  | 1266,1  | 127556              |
| 404 | 163216 | 65939264 | 20,0998    | 7,3925        | 2,47525                  | 1269,2  | 128190              |
| 405 | 164025 | 66430125 | 20,1246    | 7,3986        | 2,46914                  | 1272,3  | 128825              |
| 406 | 164836 | 66923416 | 20,1494    | 7,4047        | 2,46305                  | 1275,5  | 129462              |
| 407 | 165649 | 67419143 | 20,1742    | 7,4108        | 2,45700                  | 1278,6  | 130100              |
| 408 | 166464 | 67917312 | 20,1990    | 7,4169        | 2,45098                  | 1281,8  | 130741              |
| 409 | 167281 | 68417929 | 20,2237    | 7,4229        | 2,44499                  | 1284,9  | 131328              |
| 410 | 168100 | 68921000 | 20,2485    | 7,4290        | 2,43902                  | 1288,1  | 132025              |
| 411 | 168921 | 69426531 | 20,2731    | 7,4350        | 2,43309                  | 1291,2  | 132670              |
| 412 | 169744 | 69934528 | 20,2978    | 7,4410        | 2,42718                  | 1294,3  | 133317              |
| 413 | 170569 | 70444997 | 20,3224    | 7,4470        | 2,42131                  | 1297,5  | 133965              |
| 414 | 171396 | 70957944 | 20,3470    | 7,4530        | 2,41546                  | 1300,6  | 134614              |
| 415 | 172225 | 71473375 | 20,3715    | 7,4590        | 2,40964                  | 1303,8  | 135265              |
| 416 | 173056 | 71991296 | 20,3961    | 7,4650        | 2,40385                  | 1306,9  | 135918              |
| 417 | 173889 | 72511713 | 20,4206    | 7,4710        | 2,39808                  | 1310,0  | 136572              |
| 418 | 174724 | 73034632 | 20,4450    | 7,4770        | 2,39234                  | 1313,2  | 137228              |
| 419 | 175561 | 73560059 | 20,4695    | 7,4829        | 2,38663                  | 1316,3  | 137885              |
| 420 | 176400 | 74088000 | 20,4939    | 7,4889        | 2,38095                  | 1319,5  | 138544              |
| 421 | 177241 | 74618461 | 20,5183    | 7,4948        | 2,37530                  | 1322,6  | 139205              |
| 422 | 178084 | 75151448 | 20,5428    | 7,5007        | 2,36967                  | 1325,8  | 139867              |
| 423 | 178929 | 75686967 | 20,5670    | 7,5067        | 2,36407                  | 1328,9  | 140531              |
| 424 | 179776 | 76225024 | 20,5913    | 7,5126        | 2,35849                  | 1332,0  | 141196              |
| 425 | 180625 | 76765625 | 20,6155    | 7,5185        | 2,35294                  | 1335,2  | 141863              |
| 426 | 181476 | 77308776 | 20,6398    | 7,5244        | 2,34742                  | 1338,3  | 142531              |
| 427 | 182329 | 77854483 | 20,6640    | 7,5302        | 2,34192                  | 1341,5  | 143201              |
| 428 | 183184 | 78402752 | 20,6882    | 7,5361        | 2,33645                  | 1344,6  | 143872              |
| 429 | 184041 | 78953589 | 20,7123    | 7,5420        | 2,33100                  | 1347,7  | 144545              |
| 430 | 184900 | 79507000 | 20,7364    | 7,5478        | 2,32558                  | 1350,9  | 145220              |
| 431 | 185761 | 80062991 | 20,7605    | 7,5537        | 2,32019                  | 1354,0  | 145896              |
| 432 | 186624 | 80621568 | 20,7846    | 7,5595        | 2,31481                  | 1357,2  | 146574              |
| 433 | 187489 | 81182737 | 20,8087    | 7,5654        | 2,30947                  | 1360,3  | 147254              |
| 434 | 188356 | 81746504 | 20,8327    | 7,5712        | 2,30415                  | 1363,5  | 147934              |
| 435 | 189225 | 82312875 | 20,8567    | 7,5770        | 2,29885                  | 1366,6  | 148617              |
| 436 | 190096 | 82881856 | 20,8806    | 7,5828        | 2,29358                  | 1369,7  | 149301              |
| 437 | 190969 | 83453453 | 20,9045    | 7,5886        | 2,28833                  | 1372,9  | 149987              |
| 438 | 191844 | 84027672 | 20,9284    | 7,5944        | 2,28311                  | 1376,0  | 150674              |
| 439 | 192721 | 84604519 | 20,9523    | 7,6001        | 2,27790                  | 1379,2  | 151363              |
| 440 | 193600 | 85184000 | 20,9762    | 7,6059        | 2,27273                  | 1382,3  | 152053              |
| 441 | 194481 | 85766121 | 21,0000    | 7,6117        | 2,26757                  | 1385,4  | 152745              |
| 442 | 195364 | 86350888 | 21,0238    | 7,6174        | 2,26244                  | 1388,6  | 153439              |
| 443 | 196249 | 86938307 | 21,0476    | 7,6232        | 2,25734                  | 1391,7  | 154134              |
| 444 | 197136 | 87528384 | 21,0713    | 7,6289        | 2,25225                  | 1394,9  | 154830              |
| 445 | 198025 | 88121125 | 21,0950    | 7,6346        | 2,24719                  | 1398,0  | 155528              |
| 446 | 198916 | 88716536 | 21,1187    | 7,6403        | 2,24215                  | 1401,2  | 156228              |
| 447 | 199809 | 89314623 | 21,1424    | 7,6460        | 2,23714                  | 1404,3  | 156930              |
| 448 | 200704 | 89915392 | 21,1660    | 7,6517        | 2,23214                  | 1407,4  | 157633              |
| 449 | 201601 | 90518849 | 21,1896    | 7,6574        | 2,22717                  | 1410,6  | 158337              |
| 450 | 202500 | 91125000 | 21,2132    | 7,6631        | 2,22222                  | 1413,7  | 159043              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------|---------|---------------------|
| 450 | 202500 | 91125000  | 21,2132    | 7,6631        | 2,22222            | 1413,7  | 159043              |
| 451 | 203401 | 91733851  | 21,2368    | 7,6688        | 2,21729            | 1416,9  | 159751              |
| 452 | 204304 | 92345408  | 21,2603    | 7,6744        | 2,21239            | 1420,0  | 160460              |
| 453 | 205209 | 92959677  | 21,2838    | 7,6801        | 2,20751            | 1423,1  | 161171              |
| 454 | 206116 | 93576664  | 21,3073    | 7,6857        | 2,20264            | 1426,3  | 161883              |
| 455 | 207025 | 94196375  | 21,3307    | 7,6914        | 2,19780            | 1429,4  | 162597              |
| 456 | 207936 | 94818816  | 21,3542    | 7,6970        | 2,19298            | 1432,6  | 163313              |
| 457 | 208849 | 95443993  | 21,3776    | 7,7026        | 2,18818            | 1435,7  | 164030              |
| 458 | 209764 | 96071912  | 21,4009    | 7,7082        | 2,18341            | 1438,8  | 164748              |
| 459 | 210681 | 96702579  | 21,4243    | 7,7138        | 2,17865            | 1442,0  | 165468              |
| 460 | 211600 | 97336000  | 21,4476    | 7,7194        | 2,17391            | 1445,1  | 166190              |
| 461 | 212521 | 97972181  | 21,4709    | 7,7250        | 2,16920            | 1448,3  | 166914              |
| 462 | 213444 | 98611128  | 21,4942    | 7,7306        | 2,16450            | 1451,4  | 167639              |
| 463 | 214369 | 99252847  | 21,5174    | 7,7362        | 2,15983            | 1454,6  | 168365              |
| 464 | 215296 | 99897344  | 21,5407    | 7,7418        | 2,15517            | 1457,7  | 169093              |
| 465 | 216225 | 100544625 | 21,5639    | 7,7473        | 2,15054            | 1460,8  | 169823              |
| 466 | 217156 | 101194696 | 21,5870    | 7,7529        | 2,14592            | 1464,0  | 170554              |
| 467 | 218089 | 101847563 | 21,6102    | 7,7584        | 2,14133            | 1467,1  | 171287              |
| 468 | 219024 | 102503232 | 21,6333    | 7,7639        | 2,13675            | 1470,3  | 172021              |
| 469 | 219961 | 103161709 | 21,6564    | 7,7695        | 2,13220            | 1473,4  | 172757              |
| 470 | 220900 | 103823000 | 21,6795    | 7,7750        | 2,12766            | 1476,5  | 173494              |
| 471 | 221841 | 104487111 | 21,7025    | 7,7805        | 2,12314            | 1479,7  | 174234              |
| 472 | 222784 | 105154048 | 21,7256    | 7,7860        | 2,11864            | 1482,8  | 174974              |
| 473 | 223729 | 105823817 | 21,7486    | 7,7915        | 2,11416            | 1486,0  | 175716              |
| 474 | 224676 | 106496424 | 21,7715    | 7,7970        | 2,10970            | 1489,1  | 176460              |
| 475 | 225625 | 107171875 | 21,7945    | 7,8025        | 2,10526            | 1492,3  | 177205              |
| 476 | 226576 | 107850176 | 21,8174    | 7,8079        | 2,10084            | 1495,4  | 177952              |
| 477 | 227529 | 108531333 | 21,8403    | 7,8134        | 2,09644            | 1498,5  | 178701              |
| 478 | 228484 | 109215352 | 21,8632    | 7,8188        | 2,09205            | 1501,7  | 179451              |
| 479 | 229441 | 109902289 | 21,8861    | 7,8243        | 2,08768            | 1504,8  | 180203              |
| 480 | 230400 | 110592000 | 21,9089    | 7,8297        | 2,08333            | 1508,0  | 180956              |
| 481 | 231361 | 111284641 | 21,9317    | 7,8352        | 2,07900            | 1511,1  | 181711              |
| 482 | 232324 | 111980168 | 21,9545    | 7,8406        | 2,07469            | 1514,2  | 182467              |
| 483 | 233289 | 112678587 | 21,9773    | 7,8460        | 2,07039            | 1517,4  | 183225              |
| 484 | 234256 | 113379904 | 22,0000    | 7,8514        | 2,06612            | 1520,5  | 183984              |
| 485 | 235225 | 114084125 | 22,0227    | 7,8568        | 2,06186            | 1523,7  | 184745              |
| 486 | 236196 | 114791256 | 22,0454    | 7,8622        | 2,05761            | 1526,8  | 185508              |
| 487 | 237169 | 115501303 | 22,0681    | 7,8676        | 2,05339            | 1530,0  | 186272              |
| 488 | 238144 | 116214272 | 22,0907    | 7,8730        | 2,04918            | 1533,1  | 187038              |
| 489 | 239121 | 116930169 | 22,1133    | 7,8784        | 2,04499            | 1536,2  | 187805              |
| 490 | 240100 | 117649000 | 22,1359    | 7,8837        | 2,04082            | 1539,4  | 188574              |
| 491 | 241081 | 118370771 | 22,1585    | 7,8891        | 2,03666            | 1542,5  | 189345              |
| 492 | 242064 | 119095488 | 22,1811    | 7,8944        | 2,03252            | 1545,7  | 190117              |
| 493 | 243049 | 119823157 | 22,2036    | 7,8998        | 2,02840            | 1548,8  | 190890              |
| 494 | 244036 | 120553784 | 22,2261    | 7,9051        | 2,02429            | 1551,9  | 191665              |
| 495 | 245025 | 121287875 | 22,2486    | 7,9105        | 2,02020            | 1555,1  | 192442              |
| 496 | 246016 | 122023936 | 22,2711    | 7,9158        | 2,01613            | 1558,2  | 193221              |
| 497 | 247009 | 122763473 | 22,2935    | 7,9211        | 2,01207            | 1561,4  | 194000              |
| 498 | 248004 | 123505992 | 22,3159    | 7,9264        | 2,00803            | 1564,5  | 194782              |
| 499 | 249001 | 124251499 | 22,3383    | 7,9317        | 2,00401            | 1567,7  | 195565              |
| 500 | 250000 | 125000000 | 22,3607    | 7,9370        | 2,00000            | 1570,8  | 196350              |



| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 500 | 250000 | 125000000 | 22,3607    | 7,9370        | 2,00000                  | 1570,8  | 196350              |
| 501 | 251001 | 125751501 | 22,8830    | 7,9423        | 1,99601                  | 1573,9  | 197136              |
| 502 | 252004 | 126506008 | 22,4054    | 7,9476        | 1,99203                  | 1577,1  | 197923              |
| 503 | 253009 | 127263527 | 22,4277    | 7,9528        | 1,98807                  | 1580,2  | 198713              |
| 504 | 254016 | 128024064 | 22,4499    | 7,9581        | 1,98413                  | 1583,4  | 199501              |
| 505 | 255025 | 128787625 | 22,4722    | 7,9634        | 1,98020                  | 1586,5  | 200296              |
| 506 | 256036 | 129554216 | 22,4944    | 7,9686        | 1,97628                  | 1589,6  | 201090              |
| 507 | 257049 | 130323843 | 22,5167    | 7,9739        | 1,97239                  | 1592,8  | 201886              |
| 508 | 258064 | 131096512 | 22,5389    | 7,9791        | 1,96850                  | 1595,9  | 202683              |
| 509 | 259081 | 131872220 | 22,5610    | 7,9843        | 1,96464                  | 1599,1  | 203482              |
| 510 | 260100 | 132651000 | 22,5832    | 7,9896        | 1,96078                  | 1602,2  | 204282              |
| 511 | 261121 | 133432881 | 22,6053    | 7,9948        | 1,95695                  | 1605,4  | 205084              |
| 512 | 262144 | 134217728 | 22,6274    | 8,0000        | 1,95312                  | 1608,5  | 205887              |
| 513 | 263169 | 135005697 | 22,6495    | 8,0052        | 1,94932                  | 1611,6  | 206692              |
| 514 | 264196 | 135796744 | 22,6716    | 8,0104        | 1,94553                  | 1614,8  | 207499              |
| 515 | 265225 | 136590875 | 22,6936    | 8,0156        | 1,94175                  | 1617,9  | 208307              |
| 516 | 266256 | 137388096 | 22,7156    | 8,0208        | 1,93798                  | 1621,1  | 209117              |
| 517 | 267289 | 138188413 | 22,7376    | 8,0260        | 1,93424                  | 1624,2  | 209928              |
| 518 | 268324 | 138991832 | 22,7596    | 8,0311        | 1,93050                  | 1627,3  | 210741              |
| 519 | 269361 | 139798359 | 22,7816    | 8,0363        | 1,92678                  | 1630,5  | 211556              |
| 520 | 270400 | 140608000 | 22,8035    | 8,0415        | 1,92308                  | 1633,6  | 212372              |
| 521 | 271441 | 141420761 | 22,8254    | 8,0466        | 1,91939                  | 1636,8  | 213189              |
| 522 | 272484 | 142236648 | 22,8473    | 8,0517        | 1,91571                  | 1639,9  | 214008              |
| 523 | 273529 | 143055667 | 22,8692    | 8,0569        | 1,91205                  | 1643,1  | 214829              |
| 524 | 274576 | 143877824 | 22,8910    | 8,0620        | 1,90840                  | 1646,2  | 215651              |
| 525 | 275625 | 144703125 | 22,9129    | 8,0671        | 1,90476                  | 1649,3  | 216475              |
| 526 | 276676 | 145531576 | 22,9347    | 8,0723        | 1,90114                  | 1652,5  | 217301              |
| 527 | 277729 | 146363183 | 22,9565    | 8,0774        | 1,89753                  | 1655,6  | 218128              |
| 528 | 278784 | 147197952 | 22,9788    | 8,0825        | 1,89394                  | 1658,8  | 218956              |
| 529 | 279841 | 148035889 | 23,0000    | 8,0876        | 1,89036                  | 1661,9  | 219787              |
| 530 | 280900 | 148877000 | 23,0217    | 8,0927        | 1,88679                  | 1665,0  | 220618              |
| 531 | 281961 | 149721291 | 23,0434    | 8,0978        | 1,88324                  | 1668,2  | 221452              |
| 532 | 283024 | 150568768 | 23,0651    | 8,1028        | 1,87970                  | 1671,3  | 222287              |
| 533 | 284089 | 151419437 | 23,0868    | 8,1079        | 1,87617                  | 1674,5  | 223123              |
| 534 | 285156 | 152273304 | 23,1084    | 8,1130        | 1,87266                  | 1677,6  | 223961              |
| 535 | 286225 | 153130375 | 23,1301    | 8,1180        | 1,86916                  | 1680,8  | 224801              |
| 536 | 287296 | 153990656 | 23,1517    | 8,1231        | 1,86567                  | 1683,9  | 225642              |
| 537 | 288369 | 154854153 | 23,1733    | 8,1281        | 1,86220                  | 1687,0  | 226484              |
| 538 | 289444 | 155720872 | 23,1948    | 8,1332        | 1,85874                  | 1690,2  | 227329              |
| 539 | 290521 | 156590819 | 23,2164    | 8,1382        | 1,85529                  | 1693,3  | 228175              |
| 540 | 291600 | 157464000 | 23,2379    | 8,1433        | 1,85185                  | 1696,5  | 229022              |
| 541 | 292681 | 158340421 | 23,2594    | 8,1483        | 1,84843                  | 1699,6  | 229871              |
| 542 | 293764 | 159220088 | 23,2809    | 8,1533        | 1,84502                  | 1702,7  | 230722              |
| 543 | 294849 | 160103007 | 23,3024    | 8,1583        | 1,84162                  | 1705,9  | 231574              |
| 544 | 295936 | 160989184 | 23,3238    | 8,1633        | 1,83824                  | 1709,0  | 232428              |
| 545 | 297025 | 161878625 | 23,3452    | 8,1683        | 1,83486                  | 1712,2  | 233283              |
| 546 | 298116 | 162771336 | 23,3666    | 8,1733        | 1,83150                  | 1715,3  | 234140              |
| 547 | 299209 | 163667323 | 23,3880    | 8,1783        | 1,82815                  | 1718,5  | 234998              |
| 548 | 300304 | 164566592 | 23,4094    | 8,1833        | 1,82482                  | 1721,6  | 235858              |
| 549 | 301401 | 165469149 | 23,4307    | 8,1882        | 1,82149                  | 1724,7  | 236720              |
| 550 | 302500 | 166375000 | 23,4521    | 8,1932        | 1,81818                  | 1727,9  | 237583              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 550 | 302500 | 166375000 | 23,4521    | 8,1932        | 1,81818                  | 1727,9  | 237583              |
| 551 | 303601 | 167284151 | 23,4734    | 8,1982        | 1,81488                  | 1731,0  | 238448              |
| 552 | 304704 | 168196608 | 23,4947    | 8,2031        | 1,81159                  | 1734,2  | 239314              |
| 553 | 305809 | 169112377 | 23,5160    | 8,2081        | 1,80832                  | 1737,3  | 240182              |
| 554 | 306916 | 170031464 | 23,5372    | 8,2130        | 1,80505                  | 1740,4  | 241051              |
| 555 | 308025 | 170953875 | 23,5584    | 8,2180        | 1,80180                  | 1743,6  | 241922              |
| 556 | 309136 | 171879616 | 23,5797    | 8,2229        | 1,79856                  | 1746,7  | 242795              |
| 557 | 310249 | 172808693 | 23,6008    | 8,2278        | 1,79533                  | 1749,9  | 243669              |
| 558 | 311364 | 173741112 | 23,6220    | 8,2327        | 1,79211                  | 1753,0  | 244545              |
| 559 | 312481 | 174676879 | 23,6432    | 8,2377        | 1,78891                  | 1756,2  | 245422              |
| 560 | 313600 | 175616000 | 23,6643    | 8,2426        | 1,78571                  | 1759,3  | 246301              |
| 561 | 314721 | 176558481 | 23,6854    | 8,2475        | 1,78253                  | 1762,4  | 247181              |
| 562 | 315844 | 177504328 | 23,7065    | 8,2524        | 1,77936                  | 1765,5  | 248063              |
| 563 | 316969 | 178453547 | 23,7276    | 8,2573        | 1,77620                  | 1768,7  | 248947              |
| 564 | 318096 | 179406144 | 23,7487    | 8,2621        | 1,77305                  | 1771,9  | 249832              |
| 565 | 319225 | 180362125 | 23,7697    | 8,2670        | 1,76991                  | 1775,0  | 250715              |
| 566 | 320356 | 181321496 | 23,7908    | 8,2719        | 1,76678                  | 1778,1  | 251607              |
| 567 | 321489 | 182284263 | 23,8118    | 8,2768        | 1,76367                  | 1781,3  | 252497              |
| 568 | 322624 | 183250432 | 23,8328    | 8,2816        | 1,76056                  | 1784,4  | 253388              |
| 569 | 323761 | 184220009 | 23,8537    | 8,2865        | 1,75747                  | 1787,6  | 254281              |
| 570 | 324900 | 185193000 | 23,8747    | 8,2913        | 1,75439                  | 1790,7  | 255176              |
| 571 | 326041 | 186169411 | 23,8956    | 8,2962        | 1,75131                  | 1793,8  | 256072              |
| 572 | 327184 | 187149248 | 23,9165    | 8,3010        | 1,74825                  | 1797,0  | 256970              |
| 573 | 328329 | 188132517 | 23,9374    | 8,3059        | 1,74520                  | 1800,1  | 257869              |
| 574 | 329476 | 189119224 | 23,9583    | 8,3107        | 1,74216                  | 1803,3  | 258770              |
| 575 | 330625 | 190109375 | 23,9792    | 8,3155        | 1,73913                  | 1806,4  | 259672              |
| 576 | 331776 | 191102976 | 24,0000    | 8,3203        | 1,73611                  | 1809,6  | 260576              |
| 577 | 332929 | 192100033 | 24,0208    | 8,3251        | 1,73310                  | 1812,7  | 261482              |
| 578 | 334084 | 193100552 | 24,0416    | 8,3300        | 1,73010                  | 1815,8  | 262389              |
| 579 | 335241 | 194104539 | 24,0624    | 8,3348        | 1,72712                  | 1819,0  | 263298              |
| 580 | 336400 | 195112000 | 24,0832    | 8,3396        | 1,72414                  | 1822,1  | 264208              |
| 581 | 337561 | 196122941 | 24,1039    | 8,3443        | 1,72117                  | 1825,3  | 265120              |
| 582 | 338724 | 197137368 | 24,1247    | 8,3491        | 1,71821                  | 1828,4  | 266038              |
| 583 | 339889 | 198155287 | 24,1454    | 8,3539        | 1,71527                  | 1831,6  | 266940              |
| 584 | 341056 | 199176704 | 24,1661    | 8,3587        | 1,71233                  | 1834,7  | 267865              |
| 585 | 342225 | 200201625 | 24,1868    | 8,3634        | 1,70940                  | 1837,8  | 268783              |
| 586 | 343396 | 201230056 | 24,2074    | 8,3682        | 1,70648                  | 1841,0  | 269702              |
| 587 | 344569 | 202262003 | 24,2281    | 8,3730        | 1,70358                  | 1844,1  | 270624              |
| 588 | 345744 | 203297472 | 24,2487    | 8,3777        | 1,70068                  | 1847,3  | 271547              |
| 589 | 346921 | 204336469 | 24,2693    | 8,3825        | 1,69779                  | 1850,4  | 272471              |
| 590 | 348100 | 205379000 | 24,2899    | 8,3872        | 1,69492                  | 1853,5  | 273397              |
| 591 | 349281 | 206425071 | 24,3105    | 8,3919        | 1,69205                  | 1856,7  | 274325              |
| 592 | 350464 | 207474688 | 24,3311    | 8,3967        | 1,68919                  | 1859,9  | 275254              |
| 593 | 351649 | 208527857 | 24,3516    | 8,4014        | 1,68634                  | 1863,0  | 276184              |
| 594 | 352836 | 209584584 | 24,3721    | 8,4061        | 1,68350                  | 1866,1  | 277117              |
| 595 | 354025 | 210644875 | 24,3926    | 8,4108        | 1,68067                  | 1869,2  | 278051              |
| 596 | 355216 | 211708736 | 24,4131    | 8,4155        | 1,67785                  | 1872,4  | 278980              |
| 597 | 356409 | 212776173 | 24,4336    | 8,4202        | 1,67504                  | 1875,5  | 279923              |
| 598 | 357604 | 213847192 | 24,4540    | 8,4249        | 1,67224                  | 1878,8  | 280862              |
| 599 | 358801 | 214921799 | 24,4745    | 8,4296        | 1,66945                  | 1881,8  | 281802              |
| 600 | 360000 | 216000000 | 24,4949    | 8,4343        | 1,66667                  | 1885,0  | 282743              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 600 | 360000 | 216000000 | 24,4949    | 8,4343        | 1,66667                  | 1885,0  | 282743              |
| 601 | 361201 | 217081801 | 24,5153    | 8,4390        | 1,66389                  | 1888,1  | 283687              |
| 602 | 362404 | 218167208 | 24,5357    | 8,4437        | 1,66113                  | 1891,2  | 284631              |
| 603 | 363609 | 219256227 | 24,5561    | 8,4484        | 1,65837                  | 1894,4  | 285578              |
| 604 | 364816 | 220348864 | 24,5764    | 8,4530        | 1,65563                  | 1897,5  | 286526              |
| 605 | 366025 | 221445125 | 24,5967    | 8,4577        | 1,65289                  | 1900,7  | 287475              |
| 606 | 367236 | 222545016 | 24,6171    | 8,4623        | 1,65017                  | 1903,8  | 288426              |
| 607 | 368449 | 223648543 | 24,6374    | 8,4670        | 1,64745                  | 1906,9  | 289379              |
| 608 | 369664 | 224755712 | 24,6577    | 8,4716        | 1,64474                  | 1910,1  | 290333              |
| 609 | 370881 | 225866529 | 24,6779    | 8,4763        | 1,64204                  | 1913,2  | 291289              |
| 610 | 372100 | 226981000 | 24,6982    | 8,4809        | 1,63934                  | 1916,4  | 292247              |
| 611 | 373321 | 228099131 | 24,7184    | 8,4856        | 1,63666                  | 1919,5  | 293206              |
| 612 | 374544 | 229220928 | 24,7386    | 8,4902        | 1,63399                  | 1922,7  | 294166              |
| 613 | 375769 | 230346397 | 24,7588    | 8,4948        | 1,63132                  | 1925,8  | 295128              |
| 614 | 376996 | 231475544 | 24,7790    | 8,4994        | 1,62866                  | 1928,9  | 296092              |
| 615 | 378225 | 232608375 | 24,7992    | 8,5040        | 1,62602                  | 1932,1  | 297057              |
| 616 | 379456 | 233744896 | 24,8193    | 8,5086        | 1,62338                  | 1935,2  | 298024              |
| 617 | 380689 | 234885113 | 24,8395    | 8,5132        | 1,62075                  | 1938,4  | 298992              |
| 618 | 381924 | 236029032 | 24,8596    | 8,5178        | 1,61812                  | 1941,5  | 299962              |
| 619 | 383161 | 237176659 | 24,8797    | 8,5224        | 1,61551                  | 1944,6  | 300934              |
| 620 | 384400 | 238328000 | 24,8998    | 8,5270        | 1,61290                  | 1947,8  | 301907              |
| 621 | 385641 | 239483061 | 24,9199    | 8,5316        | 1,61031                  | 1950,9  | 302882              |
| 622 | 386884 | 240641848 | 24,9399    | 8,5362        | 1,60772                  | 1954,1  | 303858              |
| 623 | 388129 | 241804367 | 24,9600    | 8,5408        | 1,60514                  | 1957,2  | 304836              |
| 624 | 389376 | 242970624 | 24,9800    | 8,5453        | 1,60256                  | 1960,4  | 305815              |
| 625 | 390625 | 244140625 | 25,0000    | 8,5499        | 1,60000                  | 1963,5  | 306796              |
| 626 | 391876 | 245314376 | 25,0200    | 8,5544        | 1,59744                  | 1966,6  | 307779              |
| 627 | 393129 | 246491883 | 25,0400    | 8,5590        | 1,59490                  | 1969,8  | 308763              |
| 628 | 394384 | 247673152 | 25,0599    | 8,5635        | 1,59236                  | 1972,9  | 309748              |
| 629 | 395641 | 248858189 | 25,0799    | 8,5681        | 1,58983                  | 1976,1  | 310736              |
| 630 | 396900 | 250047000 | 25,0998    | 8,5726        | 1,58730                  | 1979,2  | 311725              |
| 631 | 398161 | 251239591 | 25,1197    | 8,5772        | 1,58479                  | 1982,3  | 312715              |
| 632 | 399424 | 252435968 | 25,1396    | 8,5817        | 1,58228                  | 1985,5  | 313707              |
| 633 | 400689 | 253636137 | 25,1595    | 8,5862        | 1,57978                  | 1988,6  | 314700              |
| 634 | 401956 | 254840104 | 25,1794    | 8,5907        | 1,57729                  | 1991,8  | 315696              |
| 635 | 403225 | 256047875 | 25,1992    | 8,5952        | 1,57480                  | 1994,9  | 316692              |
| 636 | 404496 | 257259456 | 25,2190    | 8,5997        | 1,57233                  | 1998,1  | 317690              |
| 637 | 405769 | 258474853 | 25,2389    | 8,6043        | 1,56986                  | 2001,2  | 318690              |
| 638 | 407044 | 259694072 | 25,2587    | 8,6088        | 1,56740                  | 2004,3  | 319692              |
| 639 | 408321 | 260917119 | 25,2784    | 8,6132        | 1,56495                  | 2007,5  | 320695              |
| 640 | 409600 | 262144000 | 25,2982    | 8,6177        | 1,56250                  | 2010,6  | 321699              |
| 641 | 410881 | 263374721 | 25,3180    | 8,6222        | 1,56006                  | 2013,8  | 322705              |
| 642 | 412164 | 264609288 | 25,3377    | 8,6267        | 1,55763                  | 2016,9  | 323713              |
| 643 | 413449 | 265847707 | 25,3574    | 8,6312        | 1,55521                  | 2020,0  | 324722              |
| 644 | 414736 | 267089984 | 25,3772    | 8,6357        | 1,55280                  | 2023,2  | 325733              |
| 645 | 416025 | 268336125 | 25,3969    | 8,6401        | 1,55039                  | 2026,3  | 326745              |
| 646 | 417316 | 269586136 | 25,4165    | 8,6446        | 1,54799                  | 2029,5  | 327759              |
| 647 | 418609 | 270840023 | 25,4362    | 8,6490        | 1,54560                  | 2032,6  | 328775              |
| 648 | 419904 | 272097792 | 25,4558    | 8,6535        | 1,54321                  | 2035,8  | 329792              |
| 649 | 421201 | 273359449 | 25,4755    | 8,6579        | 1,54083                  | 2038,9  | 330810              |
| 650 | 422500 | 274625000 | 25,4951    | 8,6624        | 1,53846                  | 2042,0  | 331831              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 650 | 422500 | 274625000 | 25,4951    | 8,6624        | 1,53846                  | 2042,0  | 381831              |
| 651 | 423801 | 275894451 | 25,5147    | 8,6668        | 1,53610                  | 2045,2  | 382853              |
| 652 | 425104 | 277167808 | 25,5343    | 8,6713        | 1,53374                  | 2048,3  | 383876              |
| 653 | 426409 | 278445077 | 25,5539    | 8,6757        | 1,53139                  | 2051,5  | 384901              |
| 654 | 427716 | 279726264 | 25,5734    | 8,6801        | 1,52905                  | 2054,6  | 385927              |
| 655 | 429025 | 281011875 | 25,5930    | 8,6845        | 1,52672                  | 2057,7  | 386953              |
| 656 | 430336 | 282300416 | 25,6125    | 8,6890        | 1,52439                  | 2060,9  | 387985              |
| 657 | 431649 | 283593393 | 25,6320    | 8,6934        | 1,52207                  | 2064,0  | 389016              |
| 658 | 432964 | 284890312 | 25,6515    | 8,6978        | 1,51976                  | 2067,2  | 390049              |
| 659 | 434281 | 286191179 | 25,6710    | 8,7022        | 1,51745                  | 2070,3  | 391083              |
| 660 | 435600 | 287496000 | 25,6905    | 8,7066        | 1,51515                  | 2073,5  | 392119              |
| 661 | 436921 | 288804781 | 25,7099    | 8,7110        | 1,51286                  | 2076,6  | 393157              |
| 662 | 438244 | 290117528 | 25,7294    | 8,7154        | 1,51057                  | 2079,7  | 394196              |
| 663 | 439569 | 291434247 | 25,7488    | 8,7198        | 1,50830                  | 2082,9  | 395237              |
| 664 | 440896 | 292754944 | 25,7682    | 8,7241        | 1,50602                  | 2086,0  | 396279              |
| 665 | 442225 | 294079625 | 25,7876    | 8,7285        | 1,50376                  | 2089,2  | 397323              |
| 666 | 443556 | 295408296 | 25,8070    | 8,7329        | 1,50150                  | 2092,3  | 398368              |
| 667 | 444889 | 296740963 | 25,8263    | 8,7373        | 1,49925                  | 2095,4  | 399415              |
| 668 | 446224 | 298077632 | 25,8457    | 8,7416        | 1,49701                  | 2098,6  | 400464              |
| 669 | 447561 | 299418309 | 25,8650    | 8,7460        | 1,49477                  | 2101,7  | 401514              |
| 670 | 448900 | 300768000 | 25,8844    | 8,7503        | 1,49254                  | 2104,9  | 402565              |
| 671 | 450241 | 302111711 | 25,9037    | 8,7547        | 1,49031                  | 2108,0  | 403618              |
| 672 | 451584 | 303464448 | 25,9230    | 8,7590        | 1,48810                  | 2111,2  | 404673              |
| 673 | 452929 | 304821217 | 25,9422    | 8,7634        | 1,48588                  | 2114,3  | 405730              |
| 674 | 454276 | 306182024 | 25,9615    | 8,7677        | 1,48368                  | 2117,4  | 406788              |
| 675 | 455625 | 307546875 | 25,9808    | 8,7721        | 1,48148                  | 2120,6  | 407847              |
| 676 | 456976 | 308915776 | 26,0000    | 8,7764        | 1,47929                  | 2123,7  | 408908              |
| 677 | 458329 | 310288733 | 26,0192    | 8,7807        | 1,47710                  | 2126,9  | 409971              |
| 678 | 459684 | 311655752 | 26,0384    | 8,7850        | 1,47493                  | 2130,0  | 411035              |
| 679 | 461041 | 313046839 | 26,0576    | 8,7893        | 1,47275                  | 2133,1  | 412101              |
| 680 | 462400 | 314432000 | 26,0768    | 8,7937        | 1,47059                  | 2136,3  | 413168              |
| 681 | 463761 | 315821241 | 26,0960    | 8,7980        | 1,46843                  | 2139,4  | 414237              |
| 682 | 465124 | 317214568 | 26,1151    | 8,8023        | 1,46628                  | 2142,6  | 415308              |
| 683 | 466489 | 318611987 | 26,1343    | 8,8066        | 1,46413                  | 2145,7  | 416380              |
| 684 | 467856 | 320013504 | 26,1534    | 8,8109        | 1,46199                  | 2148,8  | 417453              |
| 685 | 469225 | 321419125 | 26,1725    | 8,8152        | 1,45985                  | 2152,0  | 418528              |
| 686 | 470596 | 322828856 | 26,1916    | 8,8194        | 1,45773                  | 2155,1  | 419605              |
| 687 | 471969 | 324242703 | 26,2107    | 8,8237        | 1,45560                  | 2158,3  | 420684              |
| 688 | 473344 | 325660672 | 26,2298    | 8,8280        | 1,45349                  | 2161,4  | 421764              |
| 689 | 474721 | 327082769 | 26,2488    | 8,8323        | 1,45138                  | 2164,6  | 422845              |
| 690 | 476100 | 328509000 | 26,2679    | 8,8366        | 1,44928                  | 2167,7  | 423928              |
| 691 | 477481 | 329939371 | 26,2869    | 8,8408        | 1,44718                  | 2170,8  | 425013              |
| 692 | 478864 | 331373888 | 26,3059    | 8,8451        | 1,44509                  | 2174,0  | 426099              |
| 693 | 480249 | 332812557 | 26,3249    | 8,8493        | 1,44300                  | 2177,1  | 427187              |
| 694 | 481636 | 334255384 | 26,3439    | 8,8536        | 1,44092                  | 2180,3  | 428276              |
| 695 | 483025 | 335702375 | 26,3629    | 8,8578        | 1,43885                  | 2183,4  | 429367              |
| 696 | 484416 | 337153536 | 26,3818    | 8,8621        | 1,43678                  | 2186,5  | 430459              |
| 697 | 485809 | 338608873 | 26,4008    | 8,8663        | 1,43472                  | 2189,7  | 431553              |
| 698 | 487204 | 340068392 | 26,4197    | 8,8706        | 1,43266                  | 2192,8  | 432649              |
| 699 | 488601 | 341532099 | 26,4386    | 8,8748        | 1,43062                  | 2196,0  | 433746              |
| 700 | 490000 | 343000000 | 26,4575    | 8,8790        | 1,42857                  | 2199,1  | 434845              |

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 700 | 490000 | 343000000 | 26,4575    | 8,8790        | 1,42857                  | 2199,1  | 884845              |
| 701 | 491401 | 344472101 | 26,4764    | 8,8833        | 1,42653                  | 2202,3  | 385945              |
| 702 | 492804 | 345948408 | 26,4953    | 8,8875        | 1,42450                  | 2205,4  | 387047              |
| 703 | 494209 | 347428927 | 26,5141    | 8,8917        | 1,42248                  | 2208,5  | 388151              |
| 704 | 495616 | 348913664 | 26,5330    | 8,8959        | 1,42045                  | 2211,7  | 389256              |
| 705 | 497025 | 350402625 | 26,5518    | 8,9001        | 1,41844                  | 2214,8  | 390363              |
| 706 | 498436 | 351895816 | 26,5707    | 8,9043        | 1,41643                  | 2218,0  | 391471              |
| 707 | 499849 | 353393243 | 26,5895    | 8,9085        | 1,41443                  | 2221,1  | 392580              |
| 708 | 501264 | 354894912 | 26,6083    | 8,9127        | 1,41243                  | 2221,2  | 393692              |
| 709 | 502681 | 356400829 | 26,6271    | 8,9169        | 1,41044                  | 2227,4  | 394805              |
| 710 | 504100 | 357911000 | 26,6458    | 8,9211        | 1,40845                  | 2230,5  | 395919              |
| 711 | 505521 | 359425431 | 26,6646    | 8,9253        | 1,40647                  | 2233,7  | 397035              |
| 712 | 506944 | 360944128 | 26,6833    | 8,9295        | 1,40449                  | 2236,8  | 398153              |
| 713 | 508369 | 362467097 | 26,7021    | 8,9337        | 1,40252                  | 2240,0  | 399272              |
| 714 | 509796 | 363994344 | 26,7208    | 8,9378        | 1,40056                  | 2243,1  | 400393              |
| 715 | 511225 | 365525875 | 26,7395    | 8,9420        | 1,39860                  | 2246,2  | 401515              |
| 716 | 512656 | 367061696 | 26,7582    | 8,9462        | 1,39665                  | 2249,4  | 402639              |
| 717 | 514089 | 368601813 | 26,7769    | 8,9503        | 1,39470                  | 2252,5  | 403765              |
| 718 | 515524 | 370146232 | 26,7955    | 8,9545        | 1,39276                  | 2255,6  | 404892              |
| 719 | 516961 | 371694959 | 26,8142    | 8,9587        | 1,39082                  | 2258,8  | 406020              |
| 720 | 518400 | 373248000 | 26,8328    | 8,9628        | 1,38889                  | 2261,9  | 407150              |
| 721 | 519841 | 374805361 | 26,8514    | 8,9670        | 1,38696                  | 2265,1  | 408282              |
| 722 | 521284 | 376367048 | 26,8701    | 8,9711        | 1,38504                  | 2268,2  | 409415              |
| 723 | 522729 | 377933067 | 26,8887    | 8,9752        | 1,38313                  | 2271,4  | 410550              |
| 724 | 524176 | 379503424 | 26,9072    | 8,9794        | 1,38122                  | 2274,7  | 411687              |
| 725 | 525625 | 381078125 | 26,9258    | 8,9835        | 1,37931                  | 2277,7  | 412825              |
| 726 | 527076 | 382657176 | 26,9444    | 8,9776        | 1,37741                  | 2280,8  | 413965              |
| 727 | 528529 | 384240583 | 26,9629    | 8,9918        | 1,37552                  | 2283,9  | 415106              |
| 728 | 529984 | 385828352 | 26,9815    | 8,9959        | 1,37363                  | 2287,1  | 416248              |
| 729 | 531441 | 387420489 | 27,0000    | 9,0000        | 1,37174                  | 2290,2  | 417393              |
| 730 | 532900 | 389017000 | 27,0185    | 9,0041        | 1,36986                  | 2293,5  | 418539              |
| 731 | 534361 | 390617891 | 27,0370    | 9,0082        | 1,36799                  | 2296,6  | 419686              |
| 732 | 535824 | 392223168 | 27,0555    | 9,0123        | 1,36612                  | 2299,6  | 420835              |
| 733 | 537289 | 393832837 | 27,0740    | 9,0164        | 1,36426                  | 2302,8  | 421986              |
| 734 | 538756 | 395446904 | 27,0924    | 9,0205        | 1,36240                  | 2305,9  | 423138              |
| 735 | 540225 | 397065375 | 27,1109    | 9,0246        | 1,36054                  | 2309,1  | 424293              |
| 736 | 541696 | 398688256 | 27,1293    | 9,0287        | 1,35870                  | 2312,2  | 425447              |
| 737 | 543169 | 400315553 | 27,1477    | 9,0328        | 1,35685                  | 2315,4  | 426604              |
| 738 | 544644 | 401947272 | 27,1662    | 9,0369        | 1,35501                  | 2318,5  | 427762              |
| 739 | 546121 | 403588419 | 27,1846    | 9,0410        | 1,35318                  | 2321,6  | 428922              |
| 740 | 547600 | 405224000 | 27,2029    | 9,0450        | 1,35135                  | 2321,8  | 430084              |
| 741 | 549081 | 406869021 | 27,2213    | 9,0491        | 1,34953                  | 2327,9  | 431247              |
| 742 | 550564 | 408518488 | 27,2397    | 9,0532        | 1,34771                  | 2331,1  | 432412              |
| 743 | 552049 | 410172407 | 27,2580    | 9,0572        | 1,34590                  | 2334,2  | 433578              |
| 744 | 553536 | 411830784 | 27,2764    | 9,0613        | 1,34409                  | 2337,3  | 434746              |
| 745 | 555025 | 413493625 | 27,2947    | 9,0654        | 1,34228                  | 2340,5  | 435916              |
| 746 | 556516 | 415160936 | 27,3130    | 9,0694        | 1,34048                  | 2343,6  | 437087              |
| 747 | 558009 | 416832723 | 27,3313    | 9,0735        | 1,33869                  | 2341,8  | 438259              |
| 748 | 559504 | 418508992 | 27,3496    | 9,0775        | 1,33690                  | 2349,9  | 439433              |
| 749 | 561001 | 420189749 | 27,3679    | 9,0816        | 1,33511                  | 2353,1  | 440609              |
| 750 | 562500 | 421875000 | 27,3861    | 9,0856        | 1,33333                  | 2356,2  | 441786              |

T a b e l a № 3.

| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 750 | 562500 | 421875000 | 27,3861    | 9,0856        | 1,33333                  | 2356,2  | 441786              |
| 751 | 564001 | 423564751 | 27,4044    | 9,0896        | 1,33156                  | 2359,3  | 442965              |
| 752 | 565504 | 425259008 | 27,4226    | 9,0937        | 1,32979                  | 2362,5  | 444146              |
| 753 | 567009 | 426957777 | 27,4408    | 9,0977        | 1,32802                  | 2365,6  | 445328              |
| 754 | 568516 | 428661064 | 27,4591    | 9,1017        | 1,32626                  | 2368,8  | 446511              |
| 755 | 570025 | 430368875 | 27,4773    | 9,1057        | 1,32450                  | 2371,9  | 447697              |
| 756 | 571536 | 432081216 | 27,4955    | 9,1098        | 1,32275                  | 2375,0  | 448883              |
| 757 | 573049 | 433798093 | 27,5136    | 9,1138        | 1,32100                  | 2378,2  | 450072              |
| 758 | 574564 | 435519512 | 27,5318    | 9,1178        | 1,31926                  | 2381,4  | 451262              |
| 759 | 576081 | 437245479 | 27,5500    | 9,1218        | 1,31752                  | 2384,5  | 452453              |
| 760 | 577600 | 438976000 | 27,5681    | 9,1258        | 1,31579                  | 2387,6  | 453646              |
| 761 | 579121 | 440711081 | 27,5862    | 9,1298        | 1,31406                  | 2390,8  | 454841              |
| 762 | 580644 | 442450728 | 27,6043    | 9,1338        | 1,31234                  | 2393,9  | 456037              |
| 763 | 582169 | 444194947 | 26,6225    | 9,1378        | 1,31062                  | 2397,0  | 457234              |
| 764 | 583696 | 445943744 | 27,6405    | 9,1418        | 1,30890                  | 2400,2  | 458434              |
| 765 | 585225 | 447697125 | 27,6586    | 9,1458        | 1,30719                  | 2403,3  | 459635              |
| 766 | 586756 | 449455096 | 27,6767    | 9,1498        | 1,30548                  | 2406,5  | 460837              |
| 767 | 588289 | 451217663 | 27,6948    | 9,1537        | 1,30378                  | 2409,6  | 462041              |
| 768 | 589824 | 452984832 | 27,7128    | 9,1577        | 1,30208                  | 2412,7  | 463247              |
| 769 | 591361 | 454756609 | 27,7308    | 9,1617        | 1,30039                  | 2415,9  | 464454              |
| 770 | 592900 | 456533600 | 27,7489    | 9,1657        | 1,29870                  | 2419,0  | 465663              |
| 771 | 594441 | 458314011 | 27,7669    | 9,1696        | 1,29702                  | 2422,2  | 466873              |
| 772 | 595984 | 460099648 | 27,7849    | 9,1736        | 1,29534                  | 2425,3  | 468085              |
| 773 | 597529 | 461889917 | 27,8029    | 9,1776        | 1,29366                  | 2428,5  | 469298              |
| 774 | 599076 | 463684824 | 27,8209    | 9,1815        | 1,29199                  | 2431,6  | 470513              |
| 775 | 600625 | 465484375 | 27,8388    | 9,1855        | 1,29032                  | 2434,7  | 471730              |
| 776 | 602176 | 467288576 | 27,8568    | 9,1894        | 1,28866                  | 2437,9  | 472948              |
| 777 | 603729 | 469097433 | 27,8747    | 9,1933        | 1,28700                  | 2441,0  | 474168              |
| 778 | 605284 | 470910952 | 27,8927    | 9,1973        | 1,28535                  | 2444,2  | 475389              |
| 779 | 606841 | 472729139 | 27,9106    | 9,2012        | 1,28370                  | 2447,3  | 476612              |
| 780 | 608400 | 474552000 | 27,9285    | 9,2052        | 1,28205                  | 2450,4  | 477836              |
| 781 | 609961 | 476379541 | 27,9464    | 9,2091        | 1,28041                  | 2453,6  | 479062              |
| 782 | 611524 | 478211768 | 27,9643    | 9,2130        | 1,27877                  | 2456,7  | 480290              |
| 783 | 613089 | 480048687 | 27,9821    | 9,2170        | 1,27714                  | 2459,9  | 481519              |
| 784 | 614656 | 481890304 | 28,0000    | 9,2209        | 1,27551                  | 2463,0  | 482750              |
| 785 | 616225 | 483736625 | 28,0179    | 9,2248        | 1,27389                  | 2466,2  | 483983              |
| 786 | 617796 | 485587656 | 28,0357    | 9,2287        | 1,27226                  | 2469,3  | 485216              |
| 787 | 619369 | 487443403 | 28,0535    | 9,2326        | 1,27065                  | 2472,4  | 486451              |
| 788 | 620944 | 489303872 | 28,0713    | 9,2365        | 1,26904                  | 2475,6  | 487688              |
| 789 | 622521 | 491169069 | 28,0891    | 9,2404        | 1,26743                  | 2478,7  | 488927              |
| 790 | 624100 | 493039000 | 28,1069    | 9,2443        | 1,26582                  | 2481,9  | 490167              |
| 791 | 625681 | 494913671 | 28,1247    | 9,2482        | 1,26422                  | 2485,0  | 491409              |
| 792 | 627264 | 496793088 | 28,1425    | 9,2521        | 1,26263                  | 2488,1  | 492652              |
| 793 | 628849 | 498677257 | 28,1603    | 9,2560        | 1,26103                  | 2491,3  | 493897              |
| 794 | 630436 | 500566184 | 28,1780    | 9,2599        | 1,25945                  | 2494,4  | 495143              |
| 795 | 632025 | 502459875 | 28,1957    | 9,2638        | 1,25786                  | 2497,5  | 496391              |
| 796 | 633616 | 504358336 | 28,2135    | 9,2677        | 1,25628                  | 2500,7  | 497641              |
| 797 | 635209 | 506261573 | 28,2312    | 9,2716        | 1,25471                  | 2503,8  | 498892              |
| 798 | 636804 | 508169592 | 28,2489    | 9,2754        | 1,25313                  | 2507,0  | 500145              |
| 799 | 638401 | 510082399 | 28,2666    | 9,2793        | 1,25156                  | 2510,1  | 501399              |
| 800 | 640000 | 512000000 | 28,2843    | 9,2832        | 1,25000                  | 2513,3  | 502655              |

| $n$        | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|------------|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| <b>800</b> | 640000 | 512000000 | 28,2843    | 9,283 2       | 1,25000                  | 2513,3  | 502655              |
| 801        | 641601 | 513922401 | 28,3019    | 9,2870        | 1,24844                  | 2516,4  | 503912              |
| 802        | 643204 | 515849608 | 28,3196    | 9,2909        | 1,24688                  | 2519,6  | 505171              |
| 803        | 644809 | 517781627 | 28,3373    | 9,2948        | 1,24533                  | 2522,7  | 506432              |
| 804        | 646416 | 519718464 | 28,3549    | 9,2986        | 1,24378                  | 2525,8  | 507694              |
| 805        | 648025 | 521660125 | 28,3725    | 9,3025        | 1,24224                  | 2529,0  | 508958              |
| 806        | 649636 | 523606616 | 28,3901    | 9,3063        | 1,24069                  | 2532,1  | 510223              |
| 807        | 651249 | 525557943 | 28,4077    | 9,3102        | 1,23916                  | 2535,3  | 511490              |
| 808        | 652864 | 527514112 | 28,4258    | 9,3140        | 1,23762                  | 2538,4  | 512758              |
| 809        | 654481 | 529475129 | 28,4429    | 9,3179        | 1,23609                  | 2541,5  | 514028              |
| <b>810</b> | 656100 | 531441000 | 28,4605    | 9,3217        | 1,23457                  | 2544,7  | 515300              |
| 811        | 657721 | 533411733 | 28,4781    | 9,3255        | 1,23305                  | 2547,8  | 516573              |
| 812        | 659344 | 535387328 | 28,4956    | 9,3294        | 1,23153                  | 2551,0  | 517848              |
| 813        | 660969 | 537367797 | 28,5132    | 9,3332        | 1,23001                  | 2554,1  | 519124              |
| 814        | 662596 | 539353144 | 28,5307    | 9,3370        | 1,22850                  | 2557,3  | 520402              |
| 815        | 664225 | 541343375 | 28,5482    | 9,3408        | 1,22699                  | 2560,4  | 521681              |
| 816        | 665856 | 543338496 | 28,5667    | 9,3447        | 1,22549                  | 2563,5  | 522962              |
| 817        | 667489 | 545338513 | 28,5832    | 9,3485        | 1,22399                  | 2566,7  | 524245              |
| 818        | 669124 | 547343432 | 28,6007    | 9,3523        | 1,22249                  | 2569,8  | 525529              |
| 819        | 670761 | 549353259 | 28,6182    | 9,3561        | 1,22100                  | 2573,0  | 526814              |
| <b>820</b> | 672400 | 551368000 | 28,6356    | 9,3599        | 1,21951                  | 2576,1  | 528102              |
| 821        | 674041 | 553387661 | 28,6531    | 9,3637        | 1,21803                  | 2579,2  | 529391              |
| 822        | 675684 | 555412248 | 28,6705    | 9,3675        | 1,21655                  | 2582,4  | 530681              |
| 823        | 677329 | 557441767 | 28,6880    | 9,3713        | 1,21507                  | 2585,5  | 531973              |
| 824        | 678976 | 559476224 | 28,7054    | 9,3751        | 1,21359                  | 2588,7  | 533267              |
| 825        | 680625 | 561515625 | 28,7228    | 9,3789        | 1,21212                  | 2591,8  | 534562              |
| 826        | 682276 | 563559976 | 28,7402    | 9,3827        | 1,21065                  | 2595,0  | 535858              |
| 827        | 683929 | 565609283 | 28,7576    | 9,3865        | 1,20919                  | 2598,1  | 537157              |
| 828        | 685584 | 567663552 | 28,7750    | 9,3902        | 1,20773                  | 2601,2  | 538456              |
| 829        | 687241 | 569722789 | 28,7924    | 9,3940        | 1,20627                  | 2604,4  | 539758              |
| <b>830</b> | 688900 | 571787000 | 28,8097    | 9,3978        | 1,20482                  | 2607,5  | 541061              |
| 831        | 690561 | 573856191 | 28,8271    | 9,4016        | 1,20337                  | 2610,7  | 542365              |
| 832        | 692224 | 575930368 | 28,8444    | 9,4053        | 1,20192                  | 2613,8  | 543671              |
| 833        | 693889 | 578009537 | 28,8617    | 9,4091        | 1,20048                  | 2616,9  | 544979              |
| 834        | 695556 | 580093704 | 28,8791    | 9,4129        | 1,19904                  | 2620,1  | 546288              |
| 835        | 697225 | 582182875 | 28,8964    | 9,4166        | 1,19760                  | 2623,2  | 547599              |
| 836        | 698896 | 584277056 | 28,9137    | 9,4204        | 1,19617                  | 2626,4  | 548912              |
| 837        | 700569 | 586376253 | 28,9310    | 9,4241        | 1,19474                  | 2629,5  | 550226              |
| 838        | 702244 | 588480472 | 28,9482    | 9,4279        | 1,19332                  | 2632,7  | 551541              |
| 839        | 703921 | 590589719 | 28,9655    | 9,4316        | 1,19190                  | 2635,8  | 552858              |
| <b>840</b> | 705600 | 592704000 | 28,9828    | 9,4354        | 1,19048                  | 2638,9  | 554177              |
| 841        | 707281 | 594823321 | 29,0000    | 9,4391        | 1,18906                  | 2642,1  | 555497              |
| 842        | 708964 | 596947688 | 29,0172    | 9,4429        | 1,18765                  | 2645,2  | 556819              |
| 843        | 710649 | 599077107 | 29,0345    | 9,4466        | 1,18624                  | 2648,4  | 558142              |
| 844        | 712336 | 601211584 | 29,0517    | 9,4503        | 1,18483                  | 2651,5  | 559467              |
| 845        | 714025 | 603351125 | 29,0689    | 9,4541        | 1,18343                  | 2654,6  | 560794              |
| 846        | 715716 | 605495736 | 29,0861    | 9,4578        | 1,18203                  | 2657,8  | 562122              |
| 847        | 717409 | 607645423 | 29,1033    | 9,4615        | 1,18064                  | 2660,9  | 563452              |
| 848        | 719104 | 609800192 | 29,1204    | 9,4652        | 1,17925                  | 2664,1  | 564783              |
| 849        | 720801 | 611960049 | 29,1376    | 9,4690        | 1,17786                  | 2667,2  | 566116              |
| <b>850</b> | 722500 | 614125000 | 29,1548    | 9,4727        | 1,17647                  | 2670,4  | 567450              |

| $n$        | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|------------|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| <b>850</b> | 722500 | 614125000 | 29,1548    | 9,4727        | 1,17647                  | 2670,4  | 567450              |
| 851        | 724201 | 616295051 | 29,1719    | 9,4764        | 1,17509                  | 2673,5  | 568786              |
| 852        | 725904 | 618470208 | 29,1890    | 9,4801        | 1,17371                  | 2676,6  | 570124              |
| 853        | 727609 | 620650477 | 29,2062    | 9,4838        | 1,17233                  | 2679,8  | 571463              |
| 854        | 729316 | 622835864 | 29,2233    | 9,4875        | 1,17096                  | 2682,9  | 572803              |
| 855        | 731025 | 625026375 | 29,2404    | 9,4912        | 1,16959                  | 2686,1  | 574146              |
| 856        | 732736 | 627222016 | 29,2575    | 9,4949        | 1,16822                  | 2689,2  | 575490              |
| 857        | 734449 | 629422793 | 29,2746    | 9,4986        | 1,16686                  | 2692,3  | 576835              |
| 858        | 736164 | 631628712 | 29,2916    | 9,5023        | 1,16550                  | 2695,5  | 578182              |
| 859        | 737881 | 633839779 | 29,3087    | 9,5060        | 1,16414                  | 2698,6  | 579530              |
| <b>860</b> | 739600 | 636056000 | 29,3258    | 9,5097        | 1,16279                  | 2701,8  | 580880              |
| 861        | 741321 | 638277381 | 29,3428    | 9,5134        | 1,16144                  | 2704,9  | 582232              |
| 862        | 743044 | 640503928 | 29,3598    | 9,5171        | 1,16009                  | 2708,1  | 583585              |
| 863        | 744769 | 642735647 | 29,3769    | 9,5207        | 1,15875                  | 2711,2  | 584940              |
| 864        | 746496 | 644972544 | 29,3939    | 9,5244        | 1,15741                  | 2714,3  | 586297              |
| 865        | 748225 | 647214625 | 29,4109    | 9,5281        | 1,15607                  | 2717,5  | 587655              |
| 866        | 749956 | 649461896 | 29,4279    | 9,5317        | 1,15473                  | 2720,6  | 589014              |
| 867        | 751689 | 651714363 | 29,4449    | 9,5354        | 1,15340                  | 2723,8  | 590375              |
| 868        | 753424 | 653972032 | 29,4618    | 9,5391        | 1,15207                  | 2726,9  | 591738              |
| 869        | 755161 | 656234909 | 29,4788    | 9,5427        | 1,15075                  | 2730,0  | 593102              |
| <b>870</b> | 756900 | 658503000 | 29,4958    | 9,5464        | 1,14943                  | 2733,2  | 594468              |
| 871        | 758641 | 660776311 | 29,5127    | 9,5501        | 1,14811                  | 2736,3  | 595835              |
| 872        | 760384 | 663054848 | 29,5296    | 9,5537        | 1,14679                  | 2739,5  | 597204              |
| 873        | 762129 | 665338617 | 29,5466    | 9,5574        | 1,14548                  | 2742,6  | 598575              |
| 874        | 763876 | 667627624 | 29,5635    | 9,5610        | 1,14416                  | 2745,8  | 599947              |
| 875        | 765625 | 669921875 | 29,5804    | 9,5647        | 1,14286                  | 2748,9  | 601320              |
| 876        | 767376 | 672221376 | 29,5973    | 9,5683        | 1,14155                  | 2752,0  | 602696              |
| 877        | 769129 | 674526133 | 29,6142    | 9,5719        | 1,14025                  | 2755,2  | 604073              |
| 878        | 770884 | 676836152 | 29,6311    | 9,5756        | 1,13895                  | 2758,3  | 605451              |
| 879        | 772641 | 679151439 | 29,6479    | 9,5792        | 1,13766                  | 2761,5  | 606831              |
| <b>880</b> | 774400 | 681472000 | 29,6648    | 9,5828        | 1,13636                  | 2764,6  | 608212              |
| 881        | 776161 | 683797841 | 29,6816    | 9,5865        | 1,13507                  | 2767,7  | 609595              |
| 882        | 777924 | 686128968 | 29,6985    | 9,5901        | 1,13379                  | 2770,9  | 610980              |
| 883        | 779689 | 688465387 | 29,7153    | 9,5937        | 1,13250                  | 2774,0  | 612366              |
| 884        | 781456 | 690807104 | 29,7321    | 9,5973        | 1,13122                  | 2777,2  | 613754              |
| 885        | 783225 | 693154125 | 29,7489    | 9,6010        | 1,12994                  | 2780,3  | 615143              |
| 886        | 784996 | 695506456 | 29,7658    | 9,6046        | 1,12867                  | 2783,5  | 616534              |
| 887        | 786769 | 697864103 | 29,7825    | 9,6082        | 1,12740                  | 2786,6  | 617927              |
| 888        | 788544 | 700227072 | 29,7993    | 9,6118        | 1,12613                  | 2789,7  | 619321              |
| 889        | 790321 | 702595369 | 29,8161    | 9,6154        | 1,12486                  | 2792,9  | 620717              |
| <b>890</b> | 792100 | 704969000 | 29,8329    | 9,6190        | 1,12360                  | 2796,0  | 622114              |
| 891        | 793881 | 707347971 | 29,8496    | 9,6226        | 1,12233                  | 2799,2  | 623513              |
| 892        | 795664 | 709732288 | 29,8664    | 9,6262        | 1,12106                  | 2802,3  | 624913              |
| 893        | 797449 | 712121957 | 29,8831    | 9,6298        | 1,11982                  | 2805,4  | 626315              |
| 894        | 799236 | 714516984 | 29,8998    | 9,6334        | 1,11857                  | 2808,6  | 627718              |
| 895        | 801025 | 716917375 | 29,9166    | 9,6370        | 1,11732                  | 2811,7  | 629124              |
| 896        | 802816 | 719323136 | 29,9333    | 9,6406        | 1,11607                  | 2814,9  | 630530              |
| 897        | 804609 | 721734273 | 29,9500    | 9,6442        | 1,11483                  | 2818,0  | 631938              |
| 898        | 806404 | 724150792 | 29,9666    | 9,6477        | 1,11359                  | 2821,2  | 633348              |
| 899        | 808201 | 726572699 | 29,9833    | 9,6513        | 1,11235                  | 2824,3  | 634760              |
| <b>900</b> | 810000 | 729000000 | 30,0000    | 9,6549        | 1,11111                  | 2827,4  | 636173              |



| $n$ | $n^2$  | $n^3$     | $\sqrt{n}$ | $\sqrt[3]{n}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi n$ | $\frac{\pi n^2}{4}$ |
|-----|--------|-----------|------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| 900 | 810000 | 729000000 | 30 0000    | 9,6549        | 1,11111                  | 2827,4  | 636172              |
| 901 | 811801 | 731432701 | 30,0167    | 9,6585        | 1,10988                  | 2830,6  | 637587              |
| 902 | 813604 | 733870808 | 30,0333    | 9,6620        | 1,10865                  | 2833,7  | 639003              |
| 903 | 815409 | 736314327 | 30,0500    | 9,6656        | 1,10742                  | 2836,9  | 640421              |
| 904 | 817216 | 738763264 | 30,0666    | 9,6692        | 1,10619                  | 2840,0  | 641840              |
| 905 | 819025 | 741217625 | 30,0832    | 9,6727        | 1,10497                  | 2843,1  | 643261              |
| 906 | 820836 | 743677416 | 30,0998    | 9,6763        | 1,10375                  | 2846,3  | 644683              |
| 907 | 822649 | 746142643 | 30,1164    | 9,6799        | 1,10254                  | 2849,4  | 646107              |
| 908 | 824464 | 748613312 | 30,1330    | 9,6834        | 1,10132                  | 2852,6  | 647533              |
| 909 | 826281 | 751089429 | 30,1496    | 9,6870        | 1,10011                  | 2855,7  | 648960              |
| 910 | 828100 | 753571000 | 30,1662    | 9,6905        | 1,09890                  | 2858,8  | 650388              |
| 911 | 829921 | 756058081 | 30,1828    | 9,6941        | 1,09769                  | 2862,0  | 651818              |
| 912 | 831744 | 758550528 | 30,1993    | 9,6976        | 1,09649                  | 2865,1  | 653250              |
| 913 | 833569 | 761048497 | 30,2159    | 9,7012        | 1,09529                  | 2868,3  | 654684              |
| 914 | 835396 | 763551944 | 30,2324    | 9,7047        | 1,09409                  | 2871,4  | 656118              |
| 915 | 837225 | 766060875 | 30,2490    | 9,7082        | 1,09290                  | 2874,6  | 657555              |
| 916 | 839056 | 768575296 | 30,2655    | 9,7118        | 1,09170                  | 2877,7  | 658993              |
| 917 | 840889 | 771095213 | 30,2820    | 9,7153        | 1,09051                  | 2880,8  | 660433              |
| 918 | 842724 | 773620632 | 30,2985    | 9,7188        | 1,08932                  | 2884,0  | 661874              |
| 919 | 844561 | 776151559 | 30,3150    | 9,7224        | 1,08814                  | 2887,1  | 663317              |
| 920 | 846400 | 778688000 | 30,3315    | 9,7259        | 1,08696                  | 2890,3  | 664761              |
| 921 | 848241 | 781229961 | 30,3480    | 9,7294        | 1,08578                  | 2893,4  | 666207              |
| 922 | 850084 | 783777448 | 30,3645    | 9,7329        | 1,08460                  | 2896,5  | 667654              |
| 923 | 851929 | 786330467 | 30,3809    | 9,7364        | 1,08342                  | 2899,7  | 669103              |
| 924 | 853776 | 788889024 | 30,3974    | 9,7400        | 1,08225                  | 2902,8  | 670554              |
| 925 | 855625 | 791453125 | 30,4138    | 9,7435        | 1,08108                  | 2906,0  | 672006              |
| 926 | 857476 | 794022776 | 30,4302    | 9,7470        | 1,07991                  | 2909,1  | 673460              |
| 927 | 859329 | 796597983 | 30,4467    | 9,7505        | 1,07875                  | 2912,3  | 674915              |
| 928 | 861184 | 799178752 | 30,4631    | 9,7540        | 1,07759                  | 2915,4  | 676372              |
| 929 | 863041 | 801765089 | 30,4795    | 9,7575        | 1,07643                  | 2918,5  | 677831              |
| 930 | 864900 | 804357000 | 30,4959    | 9,7610        | 1,07527                  | 2921,7  | 679291              |
| 931 | 866761 | 806954491 | 30,5123    | 9,7645        | 1,07411                  | 2924,8  | 680752              |
| 932 | 868624 | 809557568 | 30,5287    | 9,7680        | 1,07296                  | 2928,0  | 682216              |
| 933 | 870489 | 812166237 | 30,5450    | 9,7715        | 1,07181                  | 2931,1  | 683680              |
| 934 | 872356 | 814780504 | 30,5614    | 9,7750        | 1,07066                  | 2934,2  | 685147              |
| 935 | 874225 | 817400375 | 30,5778    | 9,7785        | 1,06952                  | 2937,4  | 686615              |
| 936 | 876096 | 820025856 | 30,5941    | 9,7819        | 1,06838                  | 2940,5  | 688084              |
| 937 | 877969 | 822656953 | 30,6105    | 9,7854        | 1,06724                  | 2943,7  | 689555              |
| 938 | 879844 | 825293672 | 30,6268    | 9,7889        | 1,06610                  | 2946,8  | 691028              |
| 939 | 881721 | 827936019 | 30,6431    | 9,7924        | 1,06496                  | 2950,0  | 692502              |
| 940 | 883600 | 830584000 | 30,6594    | 9,7959        | 1,06383                  | 2953,1  | 693978              |
| 941 | 885481 | 833237621 | 30,6757    | 9,7993        | 1,06270                  | 2956,2  | 695455              |
| 942 | 887364 | 835890888 | 30,6920    | 9,8028        | 1,06157                  | 2959,4  | 696934              |
| 943 | 889249 | 838561807 | 30,7083    | 9,8063        | 1,06045                  | 2962,5  | 698415              |
| 944 | 891136 | 841232384 | 30,7246    | 9,8097        | 1,05932                  | 2965,7  | 699897              |
| 945 | 893025 | 843908625 | 30,7409    | 9,8132        | 1,05820                  | 2968,8  | 701380              |
| 946 | 894916 | 846590536 | 30,7571    | 9,8167        | 1,05708                  | 2971,9  | 702865              |
| 947 | 896809 | 849278123 | 30,7734    | 9,8201        | 1,05597                  | 2975,1  | 704352              |
| 948 | 898704 | 851971392 | 30,7896    | 9,8236        | 1,05485                  | 2978,2  | 705840              |
| 949 | 900601 | 854670349 | 30,8058    | 9,8270        | 1,05374                  | 2981,4  | 707330              |
| 950 | 902500 | 857375000 | 30,8221    | 9,8305        | 1,05263                  | 2984,5  | 708822              |

| n          | $u^2$  | $u^3$     | $\sqrt[n]{u}$ | $\sqrt[n]{u}$ | $1000 \cdot \frac{1}{n}$ | $\pi u$ | $\frac{\pi u^2}{4}$ |
|------------|--------|-----------|---------------|---------------|--------------------------|---------|---------------------|
| <b>950</b> | 902500 | 857375000 | 30,8221       | 9,8305        | 1,05263                  | 2984,5  | 708822              |
| 951        | 904401 | 860085351 | 30,8383       | 9,8339        | 1,05152                  | 2987,7  | 710315              |
| 952        | 906304 | 862801408 | 30,8545       | 9,8374        | 1,05042                  | 2990,8  | 711809              |
| 953        | 908209 | 865523177 | 30,8707       | 9,8408        | 1,04932                  | 2993,9  | 713306              |
| 954        | 910116 | 868250664 | 30,8869       | 9,8443        | 1,04822                  | 2997,1  | 714803              |
| 955        | 912025 | 870983875 | 30,9031       | 9,8477        | 1,04712                  | 3000,2  | 716303              |
| 956        | 913936 | 873722816 | 30,9192       | 9,8511        | 1,04603                  | 3003,4  | 717804              |
| 957        | 915849 | 876467493 | 30,9354       | 9,8546        | 1,04493                  | 3006,5  | 719306              |
| 958        | 917764 | 879217912 | 30,9516       | 9,8580        | 1,04384                  | 3009,6  | 720810              |
| 959        | 919681 | 881974079 | 30,9677       | 9,8614        | 1,04275                  | 3012,8  | 722316              |
| <b>960</b> | 921600 | 884736000 | 30,9839       | 9,8648        | 1,04167                  | 3015,9  | 723823              |
| 961        | 923521 | 887503681 | 31,0000       | 9,8683        | 1,04058                  | 3019,1  | 725332              |
| 962        | 925444 | 890277128 | 31,0161       | 9,8717        | 1,03950                  | 3022,2  | 726842              |
| 963        | 927369 | 893056347 | 31,0322       | 9,8751        | 1,03842                  | 3025,4  | 728354              |
| 964        | 929296 | 895841344 | 31,0483       | 9,8785        | 1,03734                  | 3028,5  | 729867              |
| 965        | 931225 | 898632125 | 31,0644       | 9,8819        | 1,03627                  | 3031,6  | 731382              |
| 966        | 933156 | 901428696 | 31,0805       | 9,8854        | 1,03520                  | 3034,8  | 732899              |
| 967        | 935089 | 904231063 | 31,0966       | 9,8888        | 1,03413                  | 3037,9  | 734417              |
| 968        | 937024 | 907039232 | 31,1127       | 9,8922        | 1,03306                  | 3041,1  | 735937              |
| 969        | 938961 | 909853209 | 31,1288       | 9,8956        | 1,03199                  | 3044,2  | 737458              |
| <b>970</b> | 940900 | 912673000 | 31,1448       | 9,8990        | 1,03093                  | 3047,3  | 738981              |
| 971        | 942841 | 915498611 | 31,1609       | 9,9024        | 1,02987                  | 3050,5  | 740506              |
| 972        | 944784 | 918330048 | 31,1769       | 9,9058        | 1,02881                  | 3053,6  | 742032              |
| 973        | 946729 | 921167317 | 31,1929       | 9,9092        | 1,02775                  | 3056,8  | 743559              |
| 974        | 948676 | 924010424 | 31,2090       | 9,9126        | 1,02669                  | 3059,9  | 745088              |
| 975        | 950625 | 926859375 | 31,2250       | 9,9160        | 1,02564                  | 3063,1  | 746610              |
| 976        | 952576 | 929714176 | 31,2410       | 9,9194        | 1,02459                  | 3066,2  | 748151              |
| 977        | 954529 | 932574833 | 31,2570       | 9,9227        | 1,02354                  | 3069,3  | 749685              |
| 978        | 956484 | 935441352 | 31,2730       | 9,9261        | 1,02249                  | 3072,5  | 751221              |
| 979        | 958441 | 938318739 | 31,2890       | 9,9295        | 1,02145                  | 3075,6  | 752758              |
| <b>980</b> | 960400 | 941192000 | 31,3050       | 9,9329        | 1,02041                  | 3078,8  | 754296              |
| 981        | 962361 | 944076141 | 31,3209       | 9,9363        | 1,01937                  | 3081,9  | 755837              |
| 982        | 964324 | 946966168 | 31,3369       | 9,9396        | 1,01833                  | 3085,0  | 757378              |
| 983        | 966289 | 949862087 | 31,3528       | 9,9430        | 1,01729                  | 3088,2  | 758922              |
| 984        | 968256 | 952763904 | 31,3688       | 9,9464        | 1,01626                  | 3091,3  | 760466              |
| 985        | 970225 | 955671625 | 31,3847       | 9,9497        | 1,01523                  | 3094,5  | 762013              |
| 986        | 972196 | 958585256 | 31,4006       | 9,9531        | 1,01420                  | 3097,6  | 763561              |
| 987        | 974169 | 961504803 | 31,4166       | 9,9565        | 1,01317                  | 3100,8  | 765111              |
| 988        | 976144 | 964430272 | 31,4325       | 9,9598        | 1,01215                  | 3103,9  | 766662              |
| 989        | 978121 | 967361669 | 31,4484       | 9,9632        | 1,01112                  | 3107,0  | 768214              |
| <b>990</b> | 980100 | 970299000 | 31,4643       | 9,9666        | 1,01010                  | 3110,2  | 769769              |
| 991        | 982081 | 973242271 | 31,4802       | 9,9699        | 1,00908                  | 3113,3  | 771325              |
| 992        | 984064 | 976191488 | 31,4960       | 9,9733        | 1,00806                  | 3116,5  | 772882              |
| 993        | 986049 | 979146657 | 31,5119       | 9,9766        | 1,00705                  | 3119,6  | 774441              |
| 994        | 988036 | 982107784 | 31,5278       | 9,9800        | 1,00604                  | 3122,7  | 776002              |
| 995        | 990025 | 985074875 | 31,5436       | 9,9833        | 1,00503                  | 3125,9  | 777564              |
| 996        | 992016 | 988047936 | 31,5595       | 9,9866        | 1,00402                  | 3129,0  | 779128              |
| 997        | 994009 | 991026973 | 31,5753       | 9,9900        | 1,00301                  | 3132,2  | 780693              |
| 998        | 996004 | 994011992 | 31,5911       | 9,9933        | 1,00200                  | 3135,3  | 782260              |
| 999        | 998001 | 997002999 | 31,6070       | 9,9967        | 1,00100                  | 3138,5  | 783828              |

**UWAGI.** Liczby nieodnotowane w tabeli № 3 obliczają się na zasadzie interpolacyjnego wzoru Newton'a;

$$y = f(x) = y_1 + (y_2 - y_1) \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \text{ lub } x = x_1 + (x_2 - x_1) \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$x$  — liczba dana lub poszukiwana

$y$  — funkcja  $x$ ;  $x_1$  — tabliczna najbliższa mniejsza do  $x$ .

$x_2$  — tabliczna najbliższa większa do  $x$ .

$y_1$  i  $y_2$  — funkcje  $x_1$  i  $x_2$ .

**Przykład:**

$$1) y = 57,83^2 = ?$$

$$x = 57,83$$

$$x_1 = 57,9$$

$$y_2 = 57,9^2 = 3352,41$$

$$x_2 = 57,8$$

$$y_1 = 57,8^2 = 3340,84$$

$$x_2 - x_1 = 0,1$$

$$y_2 - y_1 = 11,57$$

$$x - x_1 = 0,03; y = 3340,84 + 11,57 \frac{0,03}{0,1} = 3344,31$$

$$2) \sqrt[3]{0,045} = 0,01 \sqrt[3]{450} = 0,212132$$

$$3) \sqrt[3]{0,65} = 0,1 \sqrt[3]{650} = 0,86624.$$

#### 4. TABELA № 4.

Potęgi piąte liczb od 0,01 do 1,25.

| $n$           | $n^5$        | $n$           | $n^5$         | $n$           | $n^5$        | $n$           | $n^5$        |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 00,1          | 0,0000000001 | 0,27          | 0,0014348907  | 0,53          | 0,0418195493 | 0,79          | 0,3077056399 |
| 0,02          | 0,0000000032 | 0,28          | 0,0017210368  | 0,54          | 0,0459165024 | 0,80          | 0,3276800000 |
| 0,03          | 0,0000000243 | 0,29          | 0,0020511149  | 0,55          | 0,0503284375 | 0,81          | 0,3486784401 |
| 0,04          | 0,0000001024 | 0,30          | 0,0024300000  | 0,56          | 0,0550731776 | 0,82          | 0,3707898432 |
| 0,05          | 0,0000003125 | 0,31          | 0,0028629151  | 0,57          | 0,0601692057 | 0,83          | 0,3939040643 |
| 0,06          | 0,0000007776 | 0,32          | 0,0033554432  | 0,58          | 0,0656356788 | 0,84          | 0,4182119424 |
| 0,07          | 0,0000016807 | 0,33          | 0,0039135393  | 0,59          | 0,0714924299 | 0,85          | 0,4437053125 |
| 0,08          | 0,0000032768 | 0,34          | 0,0045435424  | 0,60          | 0,0777600000 | 0,86          | 0,4704270176 |
| 0,09          | 0,0000059049 | 0,35          | 0,0052521875  | 0,61          | 0,0844596301 | 0,87          | 0,4984209207 |
| 0,10          | 0,0000100000 | 0,36          | 0,00604066176 | 0,62          | 0,0916132832 | 0,88          | 0,5277319168 |
| 0,11          | 0,0000161051 | 0,37          | 0,0069343957  | 0,63          | 0,0992436543 | 0,89          | 0,5584059449 |
| 0,12          | 0,0000248832 | 0,38          | 0,0079235168  | 0,64          | 0,1073741824 | 0,90          | 0,5904900000 |
| 0,13          | 0,0000371293 | 0,39          | 0,0090224199  | 0,65          | 0,1160290625 | 0,91          | 0,6240321451 |
| 0,14          | 0,0000537824 | 0,40          | 0,0102400000  | 0,66          | 0,1252332576 | 0,92          | 0,6590815232 |
| 0,15          | 0,0000759375 | 0,41          | 0,0115856201  | 0,67          | 0,1350125107 | 0,93          | 0,6956883693 |
| 0,16          | 0,0001048576 | 0,42          | 0,0130691232  | 0,68          | 0,1453933568 | 0,94          | 0,7339040224 |
| 0,17          | 0,0001419857 | 0,43          | 0,0147008443  | 0,69          | 0,1564031349 | 0,95          | 0,7737809375 |
| 0,18          | 0,0001889568 | 0,44          | 0,0164916224  | 0,70          | 0,1680700000 | 0,96          | 0,8153726976 |
| 0,19          | 0,0002476099 | 0,45          | 0,0184528125  | 0,71          | 0,1804229351 | 0,97          | 0,8587340257 |
| 0,20          | 0,0003200000 | 0,46          | 0,0205962976  | 0,72          | 0,1934917632 | 0,98          | 0,9039207968 |
| 0,21          | 0,0004084101 | 0,47          | 0,0229345007  | 0,73          | 0,2073071593 | 0,99          | 0,9509900499 |
| 0,22          | 0,000513632  | 0,48          | 0,0254803968  | 0,74          | 0,2219006624 | 1,00          | 1,0000000000 |
| 0,23          | 0,000636343  | 0,49          | 0,0282475249  | 0,75          | 0,2373046875 | 1,10          | 1,6105100000 |
| 0,24          | 0,0007762624 | 0,50          | 0,0312500000  | 0,76          | 0,2535525376 | 1,15          | 2,0113571875 |
| 0,25          | 0,0009365625 | 0,51          | 0,0345025251  | 0,77          | 0,2706784157 | 1,20          | 2,4883200000 |
| 0,26          | 0,0011181376 | 0,52          | 0,0380204032  | 0,78          | 0,2887174368 | 1,25          | 3,0517578125 |
| $\sqrt[5]{m}$ | $m$          | $\sqrt[5]{m}$ | $m$           | $\sqrt[5]{m}$ | $m$          | $\sqrt[5]{m}$ | $m$          |

## 5. TABELA № 5.

Wartości wyrażenia  $l^x$ ).

| x   | $e^x$  | x   | $e^x$  | x   | $e^x$  | x   | $e^x$  | x   | $e^x$  | x    | $e^x$   |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|------|---------|
| 0,1 | 1,1052 | 1,6 | 4,9530 | 3,1 | 22,198 | 4,6 | 99,484 | 6,1 | 415,86 | 7,6  | 1998,2  |
| 0,2 | 1,2214 | 1,7 | 5,4740 | 3,2 | 24,533 | 4,7 | 109,95 | 6,2 | 492,75 | 7,7  | 2208,3  |
| 0,3 | 1,3499 | 1,8 | 6,0497 | 3,3 | 27,113 | 4,8 | 121,51 | 6,3 | 544,57 | 7,8  | 2440,6  |
| 0,4 | 1,4918 | 1,9 | 6,6859 | 3,4 | 29,964 | 4,9 | 131,29 | 6,4 | 601,85 | 7,9  | 2697,3  |
| 0,5 | 1,6487 | 2,0 | 7,3891 | 3,5 | 33,115 | 5,0 | 148,41 | 6,5 | 665,14 | 8,0  | 2981,0  |
| 0,6 | 1,8221 | 2,1 | 8,1662 | 3,6 | 36,598 | 5,1 | 164,02 | 6,6 | 735,10 | 8,2  | 3641,0  |
| 0,7 | 2,0138 | 2,2 | 9,0250 | 3,7 | 40,447 | 5,2 | 181,27 | 6,7 | 812,41 | 8,4  | 4447,1  |
| 0,8 | 2,2255 | 2,3 | 9,9742 | 3,8 | 44,701 | 5,3 | 200,34 | 6,8 | 897,85 | 8,6  | 5431,7  |
| 0,9 | 2,4596 | 2,4 | 11,023 | 3,9 | 49,402 | 5,4 | 221,41 | 6,9 | 992,27 | 8,8  | 6634,2  |
| 1,0 | 2,7183 | 2,5 | 12,183 | 4,0 | 54,698 | 5,5 | 244,69 | 7,0 | 1096,6 | 9,0  | 8103,1  |
| 1,1 | 3,0042 | 2,6 | 13,464 | 4,1 | 60,340 | 5,6 | 270,43 | 7,1 | 1212,0 | 9,2  | 9897,1  |
| 1,2 | 3,3201 | 2,7 | 14,880 | 4,2 | 66,686 | 5,7 | 298,87 | 7,2 | 1339,4 | 9,4  | 12088,4 |
| 1,3 | 3,6693 | 2,8 | 16,445 | 4,3 | 73,700 | 5,8 | 330,30 | 7,3 | 1480,3 | 9,6  | 14765,8 |
| 1,4 | 4,0552 | 2,9 | 18,174 | 4,4 | 81,451 | 5,9 | 365,04 | 7,4 | 1636,0 | 9,8  | 18033,7 |
| 1,5 | 4,4817 | 3,0 | 20,086 | 4,5 | 90,017 | 6,0 | 403,43 | 7,5 | 1808,0 | 10,0 | 22026,5 |

## 6. TABELA № 6.

Mantysy logarytmów Bryg'a (zwyczajnych).

| N  | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  | —∞    | 00000 | 30103 | 47712 | 60206 | 69897 | 77815 | 84510 | 90309 | 95424 |
| 10 | 00000 | 00432 | 00860 | 01284 | 01703 | 02119 | 02531 | 02938 | 03342 | 03743 |
| 11 | 04139 | 04532 | 04922 | 05308 | 05690 | 06070 | 06446 | 06819 | 07188 | 07555 |
| 12 | 07918 | 08279 | 08636 | 08991 | 09342 | 09691 | 10037 | 10380 | 10721 | 11059 |
| 13 | 11394 | 11727 | 12057 | 12385 | 12710 | 13033 | 13354 | 13672 | 13988 | 14301 |
| 14 | 14613 | 14922 | 15229 | 15534 | 15836 | 16137 | 16435 | 16732 | 17026 | 17319 |
| 15 | 17609 | 17898 | 18184 | 18469 | 18752 | 19033 | 19312 | 19590 | 19866 | 20140 |
| 16 | 20412 | 20683 | 20952 | 21219 | 21484 | 21748 | 22011 | 22272 | 22531 | 22789 |
| 17 | 23045 | 23300 | 23553 | 23805 | 24055 | 24304 | 24551 | 24797 | 25042 | 25285 |
| 18 | 25527 | 25768 | 26007 | 26245 | 26482 | 26717 | 26951 | 27184 | 27416 | 27646 |
| 19 | 27875 | 28103 | 28330 | 28556 | 28780 | 29003 | 29226 | 29447 | 29667 | 29885 |
| 20 | 30103 | 30320 | 30535 | 30750 | 30963 | 31175 | 31387 | 31597 | 31806 | 32015 |
| 21 | 32222 | 32428 | 32634 | 32838 | 33041 | 33244 | 33445 | 33646 | 33846 | 34044 |
| 22 | 34242 | 34439 | 34635 | 34830 | 35025 | 35218 | 35411 | 35603 | 35793 | 35981 |
| 23 | 36173 | 36361 | 36549 | 36736 | 36922 | 37107 | 37291 | 37475 | 37658 | 37840 |
| 24 | 38021 | 38202 | 38382 | 38561 | 38739 | 38917 | 39094 | 39270 | 39445 | 39620 |
| 25 | 39794 | 39967 | 40140 | 40312 | 40483 | 40654 | 40824 | 40993 | 41162 | 41330 |
| 26 | 41497 | 41664 | 41830 | 41996 | 42160 | 42325 | 42488 | 42651 | 42813 | 42975 |
| 27 | 43136 | 43297 | 43457 | 43616 | 43775 | 43933 | 44091 | 44248 | 44404 | 44560 |
| 28 | 44716 | 44871 | 45025 | 45179 | 45332 | 45484 | 45637 | 45788 | 45939 | 46090 |
| 29 | 46240 | 46389 | 46538 | 46687 | 46835 | 46982 | 47129 | 47276 | 47422 | 47567 |
| 30 | 47712 | 47857 | 48001 | 48144 | 48287 | 48430 | 48572 | 48714 | 48855 | 48996 |
| 31 | 49136 | 49276 | 49415 | 49554 | 49693 | 49831 | 49969 | 50106 | 50243 | 50379 |
| 32 | 50515 | 50651 | 50786 | 50920 | 51055 | 51188 | 51322 | 51455 | 51587 | 51720 |
| 33 | 51851 | 51983 | 52114 | 52244 | 52375 | 52504 | 52634 | 52763 | 52892 | 53020 |
| 34 | 53148 | 53275 | 53403 | 53529 | 53656 | 53782 | 53908 | 54033 | 54158 | 54283 |

| N  | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 35 | 54107 | 54531 | 54654 | 54777 | 54900 | 55023 | 55145 | 55267 | 55388 | 55509 |
| 36 | 55630 | 55751 | 55871 | 55991 | 56110 | 56229 | 56348 | 56467 | 56585 | 56703 |
| 37 | 56820 | 56937 | 57054 | 57171 | 57287 | 57403 | 57519 | 57634 | 57749 | 57864 |
| 38 | 57978 | 58092 | 58206 | 58320 | 58433 | 58546 | 58659 | 58771 | 58883 | 58995 |
| 39 | 59106 | 59218 | 59329 | 59439 | 59550 | 59660 | 59770 | 59879 | 59988 | 60097 |
| 40 | 60206 | 60314 | 60423 | 60531 | 60638 | 60746 | 60853 | 60959 | 61066 | 61172 |
| 41 | 61278 | 61384 | 61490 | 61595 | 61700 | 61805 | 61909 | 62014 | 62118 | 62221 |
| 42 | 62325 | 62428 | 62531 | 62634 | 62737 | 62839 | 62941 | 63043 | 63144 | 63246 |
| 43 | 63347 | 63448 | 63548 | 63649 | 63749 | 63849 | 63949 | 64048 | 64147 | 64246 |
| 44 | 64345 | 64444 | 64542 | 64640 | 64738 | 64836 | 64933 | 65031 | 65128 | 65225 |
| 45 | 65321 | 65418 | 65514 | 65610 | 65706 | 65801 | 65896 | 65992 | 66087 | 66181 |
| 46 | 66276 | 66370 | 66464 | 66558 | 66652 | 66745 | 66839 | 66932 | 67025 | 67117 |
| 47 | 67210 | 67302 | 67394 | 67486 | 67578 | 67669 | 67761 | 67852 | 67943 | 68034 |
| 48 | 68124 | 68215 | 68305 | 68395 | 68485 | 68574 | 68664 | 68753 | 68842 | 68931 |
| 49 | 69020 | 69108 | 69197 | 69285 | 69373 | 69461 | 69548 | 69636 | 69723 | 69810 |
| 50 | 69897 | 69984 | 70070 | 70157 | 70243 | 70329 | 70415 | 70501 | 70586 | 70672 |
| 51 | 70757 | 70842 | 70927 | 71012 | 71096 | 71181 | 71265 | 71349 | 71433 | 71517 |
| 52 | 71600 | 71684 | 71767 | 71850 | 71933 | 72016 | 72099 | 72181 | 72263 | 72346 |
| 53 | 72428 | 72509 | 72591 | 72673 | 72754 | 72835 | 72916 | 72997 | 73078 | 73159 |
| 54 | 73239 | 73320 | 73400 | 73480 | 73560 | 73640 | 73719 | 73799 | 73878 | 73957 |
| 55 | 74036 | 74115 | 74194 | 74273 | 74351 | 74429 | 74507 | 74586 | 74663 | 74741 |
| 56 | 74819 | 74896 | 74974 | 75051 | 75128 | 75205 | 75282 | 75358 | 75435 | 75511 |
| 57 | 75587 | 75664 | 75740 | 75815 | 75891 | 75967 | 76042 | 76118 | 76193 | 76268 |
| 58 | 76343 | 76418 | 76492 | 76567 | 76641 | 76716 | 76790 | 76864 | 76938 | 77012 |
| 59 | 77085 | 77159 | 77232 | 77305 | 77379 | 77452 | 77525 | 77597 | 77670 | 77743 |
| 60 | 77815 | 77887 | 77960 | 78032 | 78104 | 78176 | 78247 | 78319 | 78390 | 78462 |
| 61 | 78533 | 78604 | 78675 | 78746 | 78817 | 78888 | 78958 | 79029 | 79099 | 79169 |
| 62 | 79239 | 79309 | 79379 | 79449 | 79518 | 79588 | 79657 | 79727 | 79796 | 79865 |
| 63 | 79934 | 80003 | 80072 | 80140 | 80209 | 80277 | 80346 | 80414 | 80482 | 80550 |
| 64 | 80618 | 80686 | 80754 | 80821 | 80889 | 80956 | 81023 | 81090 | 81158 | 81224 |
| 65 | 81291 | 81358 | 81425 | 81491 | 81558 | 81624 | 81690 | 81757 | 81823 | 81889 |
| 66 | 81954 | 82020 | 82086 | 82151 | 82217 | 82282 | 82347 | 82413 | 82478 | 82543 |
| 67 | 82607 | 82672 | 82737 | 82802 | 82866 | 82930 | 82995 | 83059 | 83123 | 83187 |
| 68 | 83251 | 83315 | 83378 | 83442 | 83506 | 83569 | 83632 | 83696 | 83759 | 83822 |
| 69 | 83885 | 83948 | 84011 | 84073 | 84136 | 84198 | 84261 | 84323 | 84386 | 84448 |
| 70 | 84510 | 84572 | 84634 | 84696 | 84757 | 84819 | 84880 | 84942 | 85003 | 85065 |
| 71 | 85126 | 85187 | 85248 | 85309 | 85370 | 85431 | 85491 | 85552 | 85612 | 85673 |
| 72 | 85733 | 85794 | 85854 | 85914 | 85974 | 86034 | 86094 | 86153 | 86213 | 86273 |
| 73 | 86332 | 86392 | 86451 | 86510 | 86570 | 86629 | 86688 | 86747 | 86806 | 86864 |
| 74 | 86923 | 86982 | 87040 | 87099 | 87157 | 87216 | 87274 | 87332 | 87390 | 87448 |
| 75 | 87506 | 87564 | 87622 | 87679 | 87737 | 87795 | 87852 | 87910 | 87967 | 88024 |
| 76 | 88081 | 88138 | 88195 | 88252 | 88309 | 88366 | 88423 | 88480 | 88536 | 88593 |
| 77 | 88649 | 88705 | 88762 | 88818 | 88874 | 88930 | 88986 | 89042 | 89098 | 89154 |
| 78 | 89209 | 89265 | 89321 | 89376 | 89432 | 89487 | 89542 | 89597 | 89653 | 89708 |
| 79 | 89763 | 89818 | 89873 | 89927 | 89982 | 90037 | 90091 | 90146 | 90200 | 90255 |
| 80 | 90309 | 90363 | 90417 | 90472 | 90526 | 90580 | 90634 | 90687 | 90741 | 90795 |
| 81 | 90849 | 90902 | 90956 | 91009 | 91062 | 91116 | 91169 | 91222 | 91275 | 91328 |
| 82 | 91381 | 91434 | 91487 | 91540 | 91593 | 91645 | 91698 | 91751 | 91803 | 91855 |
| 83 | 91908 | 91960 | 92012 | 92065 | 92117 | 92169 | 92221 | 92273 | 92324 | 92376 |
| 84 | 92428 | 92480 | 92531 | 92583 | 92634 | 92686 | 92737 | 92788 | 92840 | 92891 |
| 85 | 92942 | 92993 | 93044 | 93095 | 93146 | 93197 | 93247 | 93298 | 93349 | 93399 |
| 86 | 93450 | 93500 | 93551 | 93601 | 93651 | 93702 | 93752 | 93802 | 93852 | 93902 |
| 87 | 93952 | 94002 | 94052 | 94101 | 94151 | 94201 | 94250 | 94300 | 94349 | 94399 |
| 88 | 94448 | 94498 | 94547 | 94596 | 94645 | 94694 | 94743 | 94792 | 94841 | 94890 |
| 89 | 94939 | 94988 | 95036 | 95085 | 95134 | 95182 | 95231 | 95279 | 95328 | 95376 |

| N  | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 90 | 95424 | 95472 | 95521 | 95569 | 95617 | 95665 | 95713 | 95761 | 95809 | 95856 |
| 91 | 95904 | 95952 | 95999 | 96047 | 96095 | 96142 | 96190 | 96237 | 96284 | 96332 |
| 92 | 96379 | 96426 | 96473 | 96520 | 96567 | 96614 | 96661 | 96708 | 96755 | 96802 |
| 93 | 96848 | 96895 | 96942 | 96988 | 97035 | 97081 | 97128 | 97174 | 97220 | 97267 |
| 94 | 97313 | 97359 | 97405 | 97451 | 97497 | 97543 | 97589 | 97635 | 97681 | 97727 |
| 95 | 97772 | 97818 | 97864 | 97909 | 97955 | 98000 | 98046 | 98091 | 98137 | 98182 |
| 96 | 98227 | 98272 | 98318 | 98363 | 98408 | 98453 | 98498 | 98543 | 98588 | 98632 |
| 97 | 98677 | 98722 | 98767 | 98811 | 98856 | 98900 | 98945 | 98989 | 99034 | 99078 |
| 98 | 99123 | 99167 | 99211 | 99255 | 99300 | 99344 | 99388 | 99432 | 99476 | 99520 |
| 99 | 99564 | 99607 | 99651 | 99695 | 99739 | 99782 | 99826 | 99870 | 99913 | 99957 |

$$\ln x = 2,30258 \lg x; \lg x = 0,43429 \ln x.$$

$\ln$  — logarytm naturalny,  $\lg$  — logarytm zwykajny.

**Uwagi:** Mantysy liczb nie odnotowanych w tabeli odnajdują się na zasadzie interpolacyjnego wzoru Newton'a (uwaga do tabl. № 3).

**Przykład:**

$$1) y = \lg 7583 = ?$$

$$x = 7583$$

$$x_2 = 7590$$

$$y_2 = \lg x_2 = 3,88024$$

$$x_1 = 7580$$

$$y_1 = \lg x_1 = 3,87967$$

$$x_2 - x_1 = 10.$$

$$y_2 - y_1 = 0,00057$$

$$x - x_1 = 3; y = 3,87967 + 0,00057 \frac{3}{10} = 3,87984$$

$$2) y = \lg x = -0,76352 = \overline{1},23648; x = ? \text{ mantysa } y = 23648$$

$$\text{mant. } y_2 = 23805;$$

$$x'_2 = 173$$

$$\text{mant. } y_1 = 23553;$$

$$x'_1 = 172$$

$$y_2 - y_1 = 252$$

$$x'_2 - x'_1 = 1$$

$$y - y_1 = 95; x' = 172 + 1 \cdot \frac{95}{252} = 172,38; x = 0,17238$$

$$3) \lg 397 = 2,59879; \lg 3,97 = 0,59879$$

$$\lg 0,397 = \overline{1},59879.$$

## 7. TABELA № 7.

Logarytmy naturalne Nepera ( $\ln$ ).

| N    | $\ln$  | N    | $\ln$  | N    | $\ln$  | N    | $\ln$  | N    | $\ln$  |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 1,00 | 0,0000 | 1,50 | 0,4055 | 2,00 | 0,6931 | 2,50 | 0,9163 | 3,00 | 1,0986 |
| 1,05 | 0,0488 | 1,55 | 0,4383 | 2,05 | 0,7178 | 2,55 | 0,9361 | 3,05 | 1,1151 |
| 1,10 | 0,0953 | 1,60 | 0,4700 | 2,10 | 0,7419 | 2,60 | 0,9555 | 3,10 | 1,1314 |
| 1,15 | 0,1398 | 1,65 | 0,5008 | 2,15 | 0,7655 | 2,65 | 0,9746 | 3,15 | 1,1474 |
| 1,20 | 0,1823 | 1,70 | 0,5306 | 2,20 | 0,7885 | 2,70 | 0,9933 | 3,20 | 1,1632 |
| 1,25 | 0,2231 | 1,75 | 0,5596 | 2,25 | 0,8109 | 2,75 | 1,0116 | 3,25 | 1,1787 |
| 1,30 | 0,2624 | 1,80 | 0,5878 | 2,30 | 0,8329 | 2,80 | 1,0296 | 3,30 | 1,1939 |
| 1,35 | 0,3001 | 1,85 | 0,6152 | 2,35 | 0,8544 | 2,85 | 1,0473 | 3,35 | 1,2090 |
| 1,40 | 0,3365 | 1,90 | 0,6419 | 2,40 | 0,8755 | 2,90 | 1,0647 | 3,40 | 1,2238 |
| 1,45 | 0,3716 | 1,95 | 0,6678 | 2,45 | 0,8961 | 2,95 | 1,0818 | 3,45 | 1,2384 |

| N    | ln     | N    | ln     | N    | ln     | N    | ln     | N     | ln     |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|
| 3,50 | 1,2528 | 4,25 | 1,4469 | 5,00 | 1,6094 | 5,75 | 1,7492 | 7,00  | 1,9459 |
| 3,55 | 1,2669 | 4,30 | 1,4586 | 5,05 | 1,6149 | 5,80 | 1,7579 | 7,20  | 1,9741 |
| 3,60 | 1,2809 | 4,35 | 1,4701 | 5,10 | 1,6292 | 5,85 | 1,7664 | 7,40  | 2,0015 |
| 3,65 | 1,2947 | 4,40 | 1,4816 | 5,15 | 1,6390 | 5,90 | 1,7750 | 7,60  | 2,0281 |
| 3,70 | 1,3083 | 4,45 | 1,4929 | 5,20 | 1,6487 | 5,95 | 1,7834 | 7,80  | 2,0541 |
| 3,75 | 1,3218 | 4,50 | 1,5041 | 5,25 | 1,6582 | 6,00 | 1,7918 | 8,00  | 2,0794 |
| 3,80 | 1,3350 | 4,55 | 1,5151 | 5,30 | 1,6677 | 6,10 | 1,8083 | 8,20  | 2,1041 |
| 3,85 | 1,3481 | 4,60 | 1,5261 | 5,35 | 1,6771 | 6,20 | 1,8245 | 8,40  | 2,1282 |
| 3,90 | 1,3610 | 4,65 | 1,5369 | 5,40 | 1,6864 | 6,30 | 1,8405 | 8,60  | 2,1518 |
| 3,95 | 1,3737 | 4,70 | 1,5476 | 5,45 | 1,6956 | 6,40 | 1,8563 | 8,80  | 2,1748 |
| 4,00 | 1,3863 | 4,75 | 1,5581 | 5,50 | 1,7047 | 6,50 | 1,8718 | 9,00  | 2,1972 |
| 4,05 | 1,3987 | 4,80 | 1,5686 | 5,55 | 1,7138 | 6,60 | 1,8871 | 9,25  | 2,2246 |
| 4,10 | 1,4110 | 4,85 | 1,5790 | 5,60 | 1,7228 | 6,70 | 1,9021 | 9,50  | 2,2513 |
| 4,15 | 1,4231 | 4,90 | 1,5892 | 5,65 | 1,7317 | 6,80 | 1,9169 | 9,75  | 2,2773 |
| 4,20 | 1,4351 | 4,95 | 1,5994 | 5,70 | 1,7405 | 6,90 | 1,9315 | 10,00 | 2,3026 |

## 8. Pomiary kątów płaskich.

Jednostki pomiarowe: a.—Stopień, min., sek; b.—Kąt,

długość łuku którego = promieniu ( $r$ ) =  $\frac{180^\circ}{\pi} = 57,29578$   
(radian).

arc.  $1^\circ = \pi : 180 = 0,0174533$ ;  $\lg \text{arc. } 1^\circ = \overline{2,24187}$

arc.  $1' = \pi : 10800 = 0,0002909$ ;  $\lg \text{arc. } 1' = \overline{4,46372}$

arc.  $1'' = \pi : 648000 = 0,0000048$ ;  $\lg \text{arc. } 1'' = \overline{6,68556}$

| Obwód koła | Radian     | Stopień  | Minuta   | Sekunda  | Nowe stopnie |
|------------|------------|----------|----------|----------|--------------|
| 1          | 6,283185   | 360      | 21600    | 1296000  | 400          |
| 0,159150   | 1          | 57,29578 | 3437,747 | 206264,8 | 63,66198     |
| 0,0027778  | 0,017453   | 1        | 60       | 3600     | 1,111        |
| 0,0000463  | 0,0002909  | 0,01666  | 1        | 60       | 0,018517     |
| 0,00000077 | 0,00000485 | 0,000277 | 0,01666  | 1        | 0,0003086    |
| 0,0025     | 0,015708   | 0,9      | 54       | 3240     | 1            |

**Uwaga:** 1 nowy stopień = 1:400 obw. kołowego = 100 min. nowych; 1 nowa min. = 100 now. sek.

## 9. Funkeje trygonometryczne 9.

a) Tabela № 8—Sinus i Cosinus.

| Stopnie | S i n u s (w s t a w a).       |         |         |         |         |         |         |
|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         | 0'                             | 10'     | 20'     | 30'     | 40'     | 50'     |         |
| 0       | 0,00000                        | 0,00291 | 0,00582 | 0,00873 | 0,01164 | 0,01454 | 89      |
| 1       | 0,01745                        | 0,02036 | 0,02327 | 0,02618 | 0,02908 | 0,03199 | 88      |
| 2       | 0,03490                        | 0,03781 | 0,04071 | 0,04362 | 0,04653 | 0,04943 | 87      |
| 3       | 0,05234                        | 0,05524 | 0,05814 | 0,06105 | 0,06395 | 0,06685 | 86      |
| 4       | 0,06976                        | 0,07266 | 0,07556 | 0,07846 | 0,08136 | 0,08426 | 85      |
| 5       | 0,08716                        | 0,09005 | 0,09295 | 0,09585 | 0,09874 | 0,10164 | 84      |
| 6       | 0,10453                        | 0,10742 | 0,11031 | 0,11320 | 0,11609 | 0,11898 | 83      |
| 7       | 0,12187                        | 0,12476 | 0,12764 | 0,13053 | 0,13341 | 0,13629 | 82      |
| 8       | 0,13917                        | 0,14205 | 0,14493 | 0,14781 | 0,15069 | 0,15356 | 81      |
| 9       | 0,15643                        | 0,15931 | 0,16218 | 0,16505 | 0,16792 | 0,17078 | 80      |
| 10      | 0,17365                        | 0,17651 | 0,17937 | 0,18224 | 0,18509 | 0,18795 | 79      |
| 11      | 0,19081                        | 0,19366 | 0,19652 | 0,19937 | 0,20222 | 0,20507 | 78      |
| 12      | 0,20791                        | 0,21076 | 0,21360 | 0,21644 | 0,21928 | 0,22212 | 77      |
| 13      | 0,22495                        | 0,22778 | 0,23062 | 0,23345 | 0,23627 | 0,23910 | 76      |
| 14      | 0,24192                        | 0,24474 | 0,24756 | 0,25038 | 0,25320 | 0,25601 | 75      |
| 15      | 0,25882                        | 0,26163 | 0,26443 | 0,26724 | 0,27004 | 0,27284 | 74      |
| 16      | 0,27564                        | 0,27843 | 0,28123 | 0,28402 | 0,28680 | 0,28959 | 73      |
| 17      | 0,29237                        | 0,29515 | 0,29793 | 0,30071 | 0,30348 | 0,30625 | 72      |
| 18      | 0,30902                        | 0,31178 | 0,31454 | 0,31730 | 0,32006 | 0,32282 | 71      |
| 19      | 0,32557                        | 0,32832 | 0,33106 | 0,33381 | 0,33655 | 0,33929 | 70      |
| 20      | 0,34202                        | 0,34475 | 0,34748 | 0,35021 | 0,35293 | 0,35565 | 69      |
| 21      | 0,35837                        | 0,36108 | 0,36379 | 0,36650 | 0,36921 | 0,37191 | 68      |
| 22      | 0,37461                        | 0,37730 | 0,37999 | 0,38268 | 0,38537 | 0,38805 | 67      |
| 23      | 0,39073                        | 0,39341 | 0,39608 | 0,39875 | 0,40142 | 0,40408 | 66      |
| 24      | 0,40674                        | 0,40939 | 0,41204 | 0,41469 | 0,41734 | 0,41998 | 65      |
| 25      | 0,42262                        | 0,42525 | 0,42788 | 0,43051 | 0,43313 | 0,43575 | 64      |
| 26      | 0,43837                        | 0,44098 | 0,44359 | 0,44620 | 0,44880 | 0,45140 | 63      |
| 27      | 0,45399                        | 0,45658 | 0,45917 | 0,46175 | 0,46433 | 0,46690 | 62      |
| 28      | 0,46947                        | 0,47204 | 0,47460 | 0,47716 | 0,47971 | 0,48226 | 61      |
| 29      | 0,48481                        | 0,48735 | 0,48989 | 0,49242 | 0,49495 | 0,49748 | 60      |
| 30      | 0,50000                        | 0,50252 | 0,50503 | 0,50754 | 0,51004 | 0,51254 | 59      |
| 31      | 0,51504                        | 0,51753 | 0,52002 | 0,52250 | 0,52498 | 0,52745 | 58      |
| 32      | 0,52992                        | 0,53238 | 0,53484 | 0,53730 | 0,53975 | 0,54220 | 57      |
| 33      | 0,54464                        | 0,54708 | 0,54951 | 0,55194 | 0,55436 | 0,55678 | 56      |
| 34      | 0,55919                        | 0,56160 | 0,56401 | 0,56641 | 0,56880 | 0,57119 | 55      |
| 35      | 0,57358                        | 0,57596 | 0,57833 | 0,58070 | 0,58307 | 0,58543 | 54      |
| 36      | 0,58779                        | 0,59014 | 0,59248 | 0,59482 | 0,59716 | 0,59949 | 53      |
| 37      | 0,60182                        | 0,60414 | 0,60645 | 0,60876 | 0,61107 | 0,61337 | 52      |
| 38      | 0,61566                        | 0,61795 | 0,62024 | 0,62251 | 0,62479 | 0,62706 | 51      |
| 39      | 0,62932                        | 0,63158 | 0,63383 | 0,63608 | 0,63832 | 0,64056 | 50      |
| 40      | 0,64279                        | 0,64501 | 0,64723 | 0,64945 | 0,65166 | 0,65386 | 49      |
| 41      | 0,65606                        | 0,65825 | 0,66044 | 0,66262 | 0,66480 | 0,66697 | 48      |
| 42      | 0,66913                        | 0,67129 | 0,67344 | 0,67559 | 0,67773 | 0,67987 | 47      |
| 43      | 0,68200                        | 0,68412 | 0,68624 | 0,68835 | 0,69046 | 0,69256 | 46      |
| 44      | 0,69466                        | 0,69675 | 0,69883 | 0,70091 | 0,70298 | 0,70505 | 45      |
| 45      | 0,70711                        |         |         |         |         |         | 44      |
|         | 60'                            | 50'     | 40'     | 30'     | 20'     | 10'     | Stopnie |
|         | C o s i n u s (D o s t a w a). |         |         |         |         |         |         |



| Stopnie | C o s i n u s (D o s t a w a). |         |         |         |         |         |         |
|---------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         | 0'                             | 10'     | 20'     | 30'     | 40'     | 50'     |         |
| 0       | 1,00000                        | 1,00000 | 0,99998 | 0,99996 | 0,99993 | 0,99989 | 89      |
| 1       | 0,99985                        | 0,99979 | 0,99973 | 0,99966 | 0,99958 | 0,99949 | 88      |
| 2       | 0,99939                        | 0,99929 | 0,99917 | 0,99905 | 0,99892 | 0,99878 | 87      |
| 3       | 0,99863                        | 0,99847 | 0,99831 | 0,99813 | 0,99795 | 0,99776 | 86      |
| 4       | 0,99756                        | 0,99736 | 0,99714 | 0,99692 | 0,99668 | 0,99644 | 85      |
| 5       | 0,99619                        | 0,99594 | 0,99567 | 0,99540 | 0,99511 | 0,99482 | 84      |
| 6       | 0,99452                        | 0,99421 | 0,99390 | 0,99357 | 0,99324 | 0,99290 | 83      |
| 7       | 0,99255                        | 0,99219 | 0,99182 | 0,99144 | 0,99106 | 0,99067 | 82      |
| 8       | 0,99027                        | 0,98986 | 0,98944 | 0,98902 | 0,98858 | 0,98814 | 81      |
| 9       | 0,98769                        | 0,98723 | 0,98676 | 0,98629 | 0,98580 | 0,98531 | 80      |
| 10      | 0,98481                        | 0,98430 | 0,98378 | 0,98325 | 0,98272 | 0,98218 | 79      |
| 11      | 0,98163                        | 0,98107 | 0,98050 | 0,97992 | 0,97934 | 0,97875 | 78      |
| 12      | 0,97815                        | 0,97754 | 0,97692 | 0,97630 | 0,97566 | 0,97502 | 77      |
| 13      | 0,97437                        | 0,97371 | 0,97304 | 0,97237 | 0,97169 | 0,97100 | 76      |
| 14      | 0,97030                        | 0,96959 | 0,96887 | 0,96815 | 0,96742 | 0,96667 | 75      |
| 15      | 0,96593                        | 0,96517 | 0,96440 | 0,96363 | 0,96285 | 0,96206 | 74      |
| 16      | 0,96126                        | 0,96046 | 0,95964 | 0,95882 | 0,95799 | 0,95715 | 73      |
| 17      | 0,95630                        | 0,95543 | 0,95459 | 0,95372 | 0,95284 | 0,95195 | 72      |
| 18      | 0,95106                        | 0,95015 | 0,94924 | 0,94832 | 0,94740 | 0,94646 | 71      |
| 19      | 0,94552                        | 0,94457 | 0,94361 | 0,94264 | 0,94167 | 0,94068 | 70      |
| 20      | 0,93969                        | 0,93869 | 0,93769 | 0,93667 | 0,93565 | 0,93462 | 69      |
| 21      | 0,93358                        | 0,93253 | 0,93148 | 0,93042 | 0,92935 | 0,92827 | 68      |
| 22      | 0,92718                        | 0,92609 | 0,92499 | 0,92388 | 0,92276 | 0,92164 | 67      |
| 23      | 0,92050                        | 0,91936 | 0,91822 | 0,91706 | 0,91590 | 0,91472 | 66      |
| 24      | 0,91355                        | 0,91236 | 0,91116 | 0,90996 | 0,90875 | 0,90753 | 65      |
| 25      | 0,90631                        | 0,90507 | 0,90383 | 0,90259 | 0,90133 | 0,90007 | 64      |
| 26      | 0,89879                        | 0,89752 | 0,89623 | 0,89493 | 0,89363 | 0,89232 | 63      |
| 27      | 0,89101                        | 0,88968 | 0,88835 | 0,88701 | 0,88566 | 0,88431 | 62      |
| 28      | 0,88295                        | 0,88158 | 0,88020 | 0,87882 | 0,87743 | 0,87603 | 61      |
| 29      | 0,87462                        | 0,87321 | 0,87178 | 0,87036 | 0,86892 | 0,86748 | 60      |
| 30      | 0,86603                        | 0,86457 | 0,86310 | 0,86163 | 0,86015 | 0,85866 | 59      |
| 31      | 0,85717                        | 0,85567 | 0,85416 | 0,85264 | 0,85112 | 0,84959 | 58      |
| 32      | 0,84805                        | 0,84650 | 0,84495 | 0,84339 | 0,84182 | 0,84025 | 57      |
| 33      | 0,83867                        | 0,83708 | 0,83549 | 0,83389 | 0,83228 | 0,83066 | 56      |
| 34      | 0,82904                        | 0,82741 | 0,82577 | 0,82413 | 0,82248 | 0,82082 | 55      |
| 35      | 0,81915                        | 0,81748 | 0,81580 | 0,81412 | 0,81242 | 0,81072 | 54      |
| 36      | 0,80902                        | 0,80730 | 0,80558 | 0,80386 | 0,80212 | 0,80038 | 53      |
| 37      | 0,79864                        | 0,79688 | 0,79512 | 0,79335 | 0,79158 | 0,78980 | 52      |
| 38      | 0,78801                        | 0,78622 | 0,78442 | 0,78261 | 0,78079 | 0,77897 | 51      |
| 39      | 0,77715                        | 0,77531 | 0,77347 | 0,77162 | 0,76977 | 0,76791 | 50      |
| 40      | 0,76604                        | 0,76417 | 0,76229 | 0,76041 | 0,75851 | 0,75661 | 49      |
| 41      | 0,75471                        | 0,75280 | 0,75088 | 0,74896 | 0,74703 | 0,74509 | 48      |
| 42      | 0,74314                        | 0,74120 | 0,73924 | 0,73728 | 0,73531 | 0,73333 | 47      |
| 43      | 0,73135                        | 0,72937 | 0,72737 | 0,72537 | 0,72337 | 0,72136 | 46      |
| 44      | 0,71934                        | 0,71732 | 0,71529 | 0,71325 | 0,71121 | 0,70916 | 45      |
| 45      | 0,70711                        |         |         |         |         |         | 44      |
|         | 60'                            | 50'     | 40'     | 30'     | 20'     | 10'     | Stopnie |
|         | S i n u s (W s t a w a).       |         |         |         |         |         |         |

## b) Tabela № 9.—Tangens i Contangens.

| Stopnie | T a n g e n s (S t y c z n a).       |         |         |         |         |         |         |
|---------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         | 0'                                   | 10'     | 20'     | 30'     | 40'     | 50'     |         |
| 0       | 0,00000                              | 0,00291 | 0,00582 | 0,00873 | 0,01164 | 0,01455 | 89      |
| 1       | 0,01748                              | 0,02036 | 0,02328 | 0,02619 | 0,02910 | 0,03201 | 88      |
| 2       | 0,03492                              | 0,03783 | 0,04075 | 0,04366 | 0,04658 | 0,04949 | 87      |
| 3       | 0,05241                              | 0,05533 | 0,05824 | 0,06116 | 0,06408 | 0,06700 | 86      |
| 4       | 0,06993                              | 0,07285 | 0,07578 | 0,07870 | 0,08163 | 0,08456 | 85      |
| 5       | 0,08749                              | 0,09042 | 0,09335 | 0,09629 | 0,09923 | 0,10216 | 84      |
| 6       | 0,10510                              | 0,10805 | 0,11099 | 0,11394 | 0,11688 | 0,11983 | 83      |
| 7       | 0,12278                              | 0,12574 | 0,12869 | 0,13165 | 0,13461 | 0,13758 | 82      |
| 8       | 0,14054                              | 0,14351 | 0,14648 | 0,14945 | 0,15243 | 0,15540 | 81      |
| 9       | 0,15838                              | 0,16137 | 0,16435 | 0,16734 | 0,17033 | 0,17333 | 80      |
| 10      | 0,17633                              | 0,17933 | 0,18233 | 0,18534 | 0,18835 | 0,19136 | 79      |
| 11      | 0,19438                              | 0,19740 | 0,20042 | 0,20345 | 0,20648 | 0,20952 | 78      |
| 12      | 0,21256                              | 0,21560 | 0,21864 | 0,22169 | 0,22475 | 0,22781 | 77      |
| 13      | 0,23087                              | 0,23393 | 0,23700 | 0,24008 | 0,24316 | 0,24624 | 76      |
| 14      | 0,24933                              | 0,25242 | 0,25552 | 0,25862 | 0,26172 | 0,26483 | 75      |
| 15      | 0,26795                              | 0,27107 | 0,27419 | 0,27732 | 0,28046 | 0,28360 | 74      |
| 16      | 0,28675                              | 0,28990 | 0,29305 | 0,29621 | 0,29938 | 0,30255 | 73      |
| 17      | 0,30573                              | 0,30891 | 0,31210 | 0,31530 | 0,31850 | 0,32171 | 72      |
| 18      | 0,32492                              | 0,32814 | 0,33136 | 0,33460 | 0,33783 | 0,34108 | 71      |
| 19      | 0,34433                              | 0,34758 | 0,35085 | 0,35412 | 0,35740 | 0,36068 | 70      |
| 20      | 0,36397                              | 0,36727 | 0,37057 | 0,37388 | 0,37720 | 0,38053 | 69      |
| 21      | 0,38386                              | 0,38721 | 0,39055 | 0,39391 | 0,39727 | 0,40065 | 68      |
| 22      | 0,40403                              | 0,40741 | 0,41081 | 0,41421 | 0,41763 | 0,42105 | 67      |
| 23      | 0,42447                              | 0,42791 | 0,43136 | 0,43481 | 0,43828 | 0,44175 | 66      |
| 24      | 0,44523                              | 0,44872 | 0,45222 | 0,45573 | 0,45924 | 0,46277 | 65      |
| 25      | 0,46631                              | 0,46985 | 0,47341 | 0,47698 | 0,48055 | 0,48414 | 64      |
| 26      | 0,48773                              | 0,49134 | 0,49495 | 0,49858 | 0,50222 | 0,50587 | 63      |
| 27      | 0,50953                              | 0,51320 | 0,51688 | 0,52057 | 0,52427 | 0,52798 | 62      |
| 28      | 0,53171                              | 0,53545 | 0,53920 | 0,54296 | 0,54673 | 0,55051 | 61      |
| 29      | 0,55431                              | 0,55812 | 0,56194 | 0,56577 | 0,56962 | 0,57348 | 60      |
| 30      | 0,57735                              | 0,58124 | 0,58513 | 0,58905 | 0,59297 | 0,59691 | 59      |
| 31      | 0,60086                              | 0,60483 | 0,60881 | 0,61280 | 0,61681 | 0,62083 | 58      |
| 32      | 0,62487                              | 0,62892 | 0,63299 | 0,63707 | 0,64117 | 0,64528 | 57      |
| 33      | 0,64941                              | 0,65355 | 0,65771 | 0,66189 | 0,66608 | 0,67028 | 56      |
| 34      | 0,67451                              | 0,67875 | 0,68301 | 0,68728 | 0,69157 | 0,69588 | 55      |
| 35      | 0,70021                              | 0,70455 | 0,70891 | 0,71329 | 0,71769 | 0,72211 | 54      |
| 36      | 0,72654                              | 0,73100 | 0,73547 | 0,73996 | 0,74447 | 0,74900 | 53      |
| 37      | 0,75355                              | 0,75812 | 0,76272 | 0,76733 | 0,77196 | 0,77661 | 52      |
| 38      | 0,78129                              | 0,78598 | 0,79070 | 0,79544 | 0,80020 | 0,80498 | 51      |
| 39      | 0,80978                              | 0,81461 | 0,81946 | 0,82434 | 0,82923 | 0,83415 | 50      |
| 40      | 0,83910                              | 0,84407 | 0,84906 | 0,85408 | 0,85912 | 0,86419 | 49      |
| 41      | 0,86929                              | 0,87441 | 0,87955 | 0,88473 | 0,88992 | 0,89515 | 48      |
| 42      | 0,90040                              | 0,90569 | 0,91099 | 0,91633 | 0,92170 | 0,92709 | 47      |
| 43      | 0,93252                              | 0,93797 | 0,94345 | 0,94896 | 0,95451 | 0,96008 | 46      |
| 44      | 0,96569                              | 0,97133 | 0,97700 | 0,98270 | 0,98843 | 0,99420 | 45      |
| 45      | 1,00000                              |         |         |         |         |         | 44      |
|         | 60'                                  | 50'     | 40'     | 30'     | 20'     | 10'     | Stopnie |
|         | C o t a n g e n s (D o t y c z n a). |         |         |         |         |         |         |

| Stopnie | C o t a n g e n s (D o t y c z n a). |           |           |           |          |          |         |
|---------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|---------|
|         | 0'                                   | 10'       | 20'       | 30'       | 40'      | 50'      |         |
| 0       | ∞                                    | 343,77371 | 171,88540 | 114,58865 | 85,93979 | 68,75009 | 89      |
| 1       | 57,28996                             | 49,10388  | 42,96408  | 38,18846  | 34,36777 | 31,24158 | 88      |
| 2       | 28,63625                             | 26,43160  | 24,54176  | 22,90377  | 21,47040 | 20,20555 | 87      |
| 3       | 19,08114                             | 18,07498  | 17,16934  | 16,34986  | 15,60478 | 14,92442 | 86      |
| 4       | 14,30067                             | 13,72674  | 13,19688  | 12,70621  | 12,25051 | 11,82617 | 85      |
| 5       | 11,43005                             | 11,05943  | 10,71191  | 10,38540  | 10,07803 | 9,78817  | 84      |
| 6       | 9,51436                              | 9,25530   | 9,00983   | 8,77689   | 8,55555  | 8,34496  | 83      |
| 7       | 8,14435                              | 7,95302   | 7,77035   | 7,59575   | 7,42871  | 7,26873  | 82      |
| 8       | 7,11537                              | 6,96823   | 6,82694   | 6,69116   | 6,56055  | 6,43484  | 81      |
| 9       | 6,31375                              | 6,19703   | 6,08444   | 5,97576   | 5,87080  | 5,76937  | 80      |
| 10      | 5,67128                              | 5,57638   | 5,48451   | 5,39552   | 5,30928  | 5,22566  | 79      |
| 11      | 5,14455                              | 5,06584   | 4,98940   | 4,91516   | 4,84300  | 4,77286  | 78      |
| 12      | 4,70468                              | 4,63825   | 4,57363   | 4,51071   | 4,44942  | 4,38969  | 77      |
| 13      | 4,33148                              | 4,27471   | 4,21933   | 4,16530   | 4,11256  | 4,06107  | 76      |
| 14      | 4,01078                              | 3,96165   | 3,91364   | 3,86671   | 3,82083  | 3,77595  | 75      |
| 15      | 3,73205                              | 3,68909   | 3,64705   | 3,60588   | 3,56557  | 3,52609  | 74      |
| 16      | 3,48741                              | 3,44951   | 3,41236   | 3,37594   | 3,34023  | 3,30521  | 73      |
| 17      | 3,27085                              | 3,23714   | 3,20406   | 3,17159   | 3,13972  | 3,10842  | 72      |
| 18      | 3,07768                              | 3,04749   | 3,01783   | 2,98869   | 2,96004  | 2,93189  | 71      |
| 19      | 2,90421                              | 2,87700   | 2,85023   | 2,82391   | 2,79802  | 2,77254  | 70      |
| 20      | 2,74748                              | 2,72281   | 2,69853   | 2,67462   | 2,65109  | 2,62791  | 69      |
| 21      | 2,60509                              | 2,58261   | 2,56046   | 2,53865   | 2,51715  | 2,49597  | 68      |
| 22      | 2,47509                              | 2,45451   | 2,43422   | 2,41421   | 2,39449  | 2,37504  | 67      |
| 23      | 2,35585                              | 2,33693   | 2,31826   | 2,29984   | 2,28167  | 2,26374  | 66      |
| 24      | 2,24604                              | 2,22857   | 2,21132   | 2,19430   | 2,17749  | 2,16090  | 65      |
| 25      | 2,14451                              | 2,12832   | 2,11233   | 2,09654   | 2,08094  | 2,06553  | 64      |
| 26      | 2,05030                              | 2,03526   | 2,02039   | 2,00569   | 1,99116  | 1,97680  | 63      |
| 27      | 1,96261                              | 1,94858   | 1,93470   | 1,92098   | 1,90741  | 1,89400  | 62      |
| 28      | 1,88073                              | 1,86760   | 1,85462   | 1,84177   | 1,82906  | 1,81649  | 61      |
| 29      | 1,80405                              | 1,79174   | 1,77955   | 1,76749   | 1,75556  | 1,74375  | 60      |
| 30      | 1,73205                              | 1,72047   | 1,70901   | 1,69766   | 1,68643  | 1,67530  | 59      |
| 31      | 1,66428                              | 1,65337   | 1,64256   | 1,63185   | 1,62125  | 1,61074  | 58      |
| 32      | 1,60033                              | 1,59002   | 1,57981   | 1,56969   | 1,55966  | 1,54972  | 57      |
| 33      | 1,53987                              | 1,53010   | 1,52043   | 1,51084   | 1,50133  | 1,49190  | 56      |
| 34      | 1,48256                              | 1,47330   | 1,46411   | 1,45501   | 1,44598  | 1,43703  | 55      |
| 35      | 1,42815                              | 1,41924   | 1,41061   | 1,40195   | 1,39336  | 1,38484  | 54      |
| 36      | 1,37638                              | 1,36800   | 1,35968   | 1,35142   | 1,34323  | 1,33511  | 53      |
| 37      | 1,32704                              | 1,31904   | 1,31110   | 1,30323   | 1,29541  | 1,28764  | 52      |
| 38      | 1,27994                              | 1,27230   | 1,26471   | 1,25717   | 1,24969  | 1,24227  | 51      |
| 39      | 1,23490                              | 1,22758   | 1,22031   | 1,21310   | 1,20593  | 1,19882  | 50      |
| 40      | 1,19175                              | 1,18474   | 1,17777   | 1,17085   | 1,16398  | 1,15715  | 49      |
| 41      | 1,15037                              | 1,14363   | 1,13694   | 1,13029   | 1,12369  | 1,11713  | 48      |
| 42      | 1,11061                              | 1,10414   | 1,09770   | 1,09131   | 1,08496  | 1,07864  | 47      |
| 43      | 1,07237                              | 1,06613   | 1,05994   | 1,05378   | 1,04766  | 1,04158  | 46      |
| 44      | 1,03553                              | 1,02952   | 1,02355   | 1,01761   | 1,01170  | 1,00583  | 45      |
| 45      | 1,00000                              |           |           |           |          |          | 44      |
|         | 60'                                  | 50'       | 40'       | 30'       | 20'      | 10'      | Stopnie |
|         | T a n g e n s (S t y c z n a).       |           |           |           |          |          |         |

**Uwagi.** Funkcje trygonometryczne nie odnotowane w tablicach № 8 i 9: odnajdą się na zasadzie wzoru in' terpelacyjnego Newton'a (uwaga do tabl. 3):

1)  $y = \operatorname{tg} 32^{\circ} 56' 37'' = ?$

$x_2 = 33^{\circ}$

$x_1 = 32^{\circ} 50'$

$x_2 - x_1 = 10'$

$x = 32^{\circ} 56',616$

$y_2 = 0,64941$

$y_1 = 0,64528$

$y_2 - y_1 = 0,00413$

$x - x_1 = 6',616; y = 0,645528 + 0,00413 \frac{6,616}{10} = 0,648$

2)  $x = \operatorname{arc} \operatorname{sn} 0,50785?$

$y_2 = 0,51004$

$y_1 = 0,50754$

$y_2 - y_1 = 0,00250$

$y = \operatorname{sn} x = 0,50785$

$x_2 = 30^{\circ} 40'$

$x_1 = 30^{\circ} 30'$

$x_2 - x_1 = 10'$

$y - y_1 = 0,00031; x = 30^{\circ} 30' + 10' \frac{0,00031}{0,0025} = \underline{\underline{30^{\circ} 31' 14''}}$

## 10. TABELA № 10.

Długości: łuku (l) i strzałki (f), długość cięciwy (c) powierzchnia odcinka kołowego (F) przy  $r=1$ .

| Stopnie | l      | f      | c      | F       | Stopnie | l      | f      | c      | F       |
|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 1       | 0,0175 | 0,0000 | 0,0175 | 0,00000 | 46      | 0,8029 | 0,0795 | 0,7815 | 0,04176 |
| 2       | 0,0349 | 0,0002 | 0,0349 | 0,00000 | 47      | 0,8203 | 0,0829 | 0,7975 | 0,04448 |
| 3       | 0,0524 | 0,0003 | 0,0524 | 0,00001 | 48      | 0,8378 | 0,0865 | 0,8135 | 0,04731 |
| 4       | 0,0698 | 0,0006 | 0,0698 | 0,00003 | 49      | 0,8552 | 0,0900 | 0,8294 | 0,05025 |
| 5       | 0,0873 | 0,0010 | 0,0872 | 0,00006 | 50      | 0,8727 | 0,0937 | 0,8452 | 0,05331 |
| 6       | 0,1047 | 0,0014 | 0,1047 | 0,00010 | 51      | 0,8901 | 0,0974 | 0,8619 | 0,05649 |
| 7       | 0,1222 | 0,0019 | 0,1221 | 0,00015 | 52      | 0,9076 | 0,1012 | 0,8767 | 0,05978 |
| 8       | 0,1396 | 0,0024 | 0,1395 | 0,00023 | 53      | 0,9250 | 0,1051 | 0,8924 | 0,06319 |
| 9       | 0,1571 | 0,0031 | 0,1569 | 0,00032 | 54      | 0,9425 | 0,1090 | 0,9080 | 0,06673 |
| 10      | 0,1745 | 0,0038 | 0,1743 | 0,00044 | 55      | 0,9599 | 0,1130 | 0,9235 | 0,07039 |
| 11      | 0,1920 | 0,0046 | 0,1917 | 0,00059 | 56      | 0,9774 | 0,1171 | 0,9389 | 0,07417 |
| 12      | 0,2094 | 0,0055 | 0,2091 | 0,00076 | 57      | 0,9948 | 0,1212 | 0,9543 | 0,07808 |
| 13      | 0,2269 | 0,0064 | 0,2264 | 0,00097 | 58      | 1,0123 | 0,1254 | 0,9696 | 0,08212 |
| 14      | 0,2443 | 0,0075 | 0,2437 | 0,00121 | 59      | 1,0297 | 0,1296 | 0,9848 | 0,08629 |
| 15      | 0,2618 | 0,0086 | 0,2611 | 0,00149 | 60      | 1,0472 | 0,1340 | 1,0000 | 0,09059 |
| 16      | 0,2793 | 0,0097 | 0,2783 | 0,00181 | 61      | 1,0647 | 0,1384 | 1,0151 | 0,09502 |
| 17      | 0,2967 | 0,0110 | 0,2956 | 0,00217 | 62      | 1,0821 | 0,1428 | 1,0301 | 0,09958 |
| 18      | 0,3142 | 0,0123 | 0,3129 | 0,00257 | 63      | 1,0996 | 0,1474 | 1,0450 | 0,10428 |
| 19      | 0,3316 | 0,0137 | 0,3301 | 0,00302 | 64      | 1,1170 | 0,1520 | 1,0598 | 0,10911 |
| 20      | 0,3491 | 0,0152 | 0,3473 | 0,00352 | 65      | 1,1345 | 0,1566 | 1,0746 | 0,11408 |
| 21      | 0,3665 | 0,0167 | 0,3645 | 0,00408 | 66      | 1,1519 | 0,1613 | 1,0893 | 0,11919 |
| 22      | 0,3840 | 0,0184 | 0,3816 | 0,00468 | 67      | 1,1694 | 0,1661 | 1,1039 | 0,12443 |
| 23      | 0,4014 | 0,0201 | 0,3987 | 0,00535 | 68      | 1,1868 | 0,1710 | 1,1184 | 0,12982 |
| 24      | 0,4189 | 0,0219 | 0,4158 | 0,00607 | 69      | 1,2043 | 0,1759 | 1,1328 | 0,13535 |
| 25      | 0,4363 | 0,0237 | 0,4329 | 0,00686 | 70      | 1,2217 | 0,1808 | 1,1472 | 0,14102 |
| 26      | 0,4538 | 0,0256 | 0,4499 | 0,00771 | 71      | 1,2392 | 0,1859 | 1,1614 | 0,14633 |
| 27      | 0,4712 | 0,0276 | 0,4669 | 0,00862 | 72      | 1,2566 | 0,1910 | 1,1756 | 0,15279 |
| 28      | 0,4887 | 0,0297 | 0,4838 | 0,00961 | 73      | 1,2741 | 0,1961 | 1,1896 | 0,15889 |
| 29      | 0,5061 | 0,0319 | 0,5008 | 0,01067 | 74      | 1,2915 | 0,2014 | 1,2036 | 0,16514 |
| 30      | 0,5236 | 0,0341 | 0,5176 | 0,01180 | 75      | 1,3090 | 0,2066 | 1,2175 | 0,17154 |
| 31      | 0,5411 | 0,0364 | 0,5345 | 0,01301 | 76      | 1,3265 | 0,2120 | 1,2313 | 0,17808 |
| 32      | 0,5585 | 0,0387 | 0,5512 | 0,01429 | 77      | 1,3439 | 0,2174 | 1,2450 | 0,18477 |
| 33      | 0,5760 | 0,0412 | 0,5680 | 0,01566 | 78      | 1,3614 | 0,2229 | 1,2586 | 0,19160 |
| 34      | 0,5934 | 0,0437 | 0,5847 | 0,01711 | 79      | 1,3788 | 0,2284 | 1,2722 | 0,19859 |
| 35      | 0,6109 | 0,0463 | 0,6014 | 0,01864 | 80      | 1,3963 | 0,2340 | 1,2856 | 0,20573 |
| 36      | 0,6283 | 0,0489 | 0,6180 | 0,02027 | 81      | 1,4137 | 0,2396 | 1,2989 | 0,21301 |
| 37      | 0,6458 | 0,0517 | 0,6346 | 0,02198 | 82      | 1,4312 | 0,2453 | 1,3121 | 0,22045 |
| 38      | 0,6632 | 0,0545 | 0,6511 | 0,02378 | 83      | 1,4486 | 0,2510 | 1,3252 | 0,22804 |
| 39      | 0,6807 | 0,0574 | 0,6676 | 0,02568 | 84      | 1,4661 | 0,2569 | 1,3383 | 0,23578 |
| 40      | 0,6981 | 0,0603 | 0,6840 | 0,02767 | 85      | 1,4835 | 0,2627 | 1,3512 | 0,24367 |
| 41      | 0,7156 | 0,0633 | 0,7004 | 0,02976 | 86      | 1,5010 | 0,2686 | 1,3640 | 0,25171 |
| 42      | 0,7330 | 0,0664 | 0,7167 | 0,03195 | 87      | 1,5184 | 0,2746 | 1,3767 | 0,25990 |
| 43      | 0,7505 | 0,0696 | 0,7330 | 0,03425 | 88      | 1,5359 | 0,2807 | 1,3893 | 0,26825 |
| 44      | 0,7679 | 0,0728 | 0,7492 | 0,03664 | 89      | 1,5533 | 0,2867 | 1,4018 | 0,27675 |
| 45      | 0,7854 | 0,0761 | 0,7654 | 0,03915 | 90      | 1,5708 | 0,2929 | 1,4142 | 0,28540 |

Długości: łuku (l) i strzałki (f), długość cięciwy (c), powierzchnia odcinka kołowego (F) przy  $r=1$ .

| Stopnie | l      | f      | c      | F       | Stopnie | l      | f      | c      | F       |
|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 91      | 1,5882 | 0,2991 | 1,4265 | 0,29420 | 136     | 2,3736 | 0,6254 | 1,8544 | 0,83949 |
| 92      | 1,6057 | 0,3053 | 1,4387 | 0,30316 | 137     | 2,3911 | 0,6335 | 1,8608 | 0,85455 |
| 93      | 1,6232 | 0,3116 | 1,4507 | 0,31226 | 138     | 2,4086 | 0,6416 | 1,8672 | 0,86971 |
| 94      | 1,6406 | 0,3180 | 1,4627 | 0,32152 | 139     | 2,4260 | 0,6498 | 1,8733 | 0,88497 |
| 95      | 1,6580 | 0,3244 | 1,4746 | 0,33093 | 140     | 2,4435 | 0,6580 | 1,8794 | 0,90034 |
| 96      | 1,6755 | 0,3309 | 1,4865 | 0,34050 | 141     | 2,4609 | 0,6662 | 1,8853 | 0,91580 |
| 97      | 1,6920 | 0,3374 | 1,4979 | 0,35021 | 142     | 2,4784 | 0,6744 | 1,8910 | 0,93135 |
| 98      | 1,7104 | 0,3439 | 1,5094 | 0,36008 | 143     | 2,4958 | 0,6827 | 1,8966 | 0,94700 |
| 99      | 1,7279 | 0,3506 | 1,5208 | 0,37009 | 144     | 2,5133 | 0,6910 | 1,9021 | 0,96274 |
| 100     | 1,7453 | 0,3572 | 1,5321 | 0,38026 | 145     | 2,5307 | 0,6993 | 1,9074 | 0,97858 |
| 101     | 1,7628 | 0,3639 | 1,5432 | 0,39058 | 146     | 2,5482 | 0,7076 | 1,9126 | 0,99449 |
| 102     | 1,7802 | 0,3707 | 1,5543 | 0,40104 | 147     | 2,5656 | 0,7160 | 1,9176 | 1,01050 |
| 103     | 1,7977 | 0,3775 | 1,5652 | 0,41166 | 148     | 2,5831 | 0,7244 | 1,9225 | 1,02658 |
| 104     | 1,8151 | 0,3843 | 1,5760 | 0,42242 | 149     | 2,6005 | 0,7328 | 1,9273 | 1,04275 |
| 105     | 1,8326 | 0,3912 | 1,5867 | 0,43333 | 150     | 2,6180 | 0,7412 | 1,9319 | 1,05900 |
| 106     | 1,8500 | 0,3982 | 1,5973 | 0,44439 | 151     | 2,6354 | 0,7496 | 1,9363 | 1,07532 |
| 107     | 1,8675 | 0,4052 | 1,6077 | 0,45560 | 152     | 2,6529 | 0,7581 | 1,9406 | 1,09171 |
| 108     | 1,8850 | 0,4122 | 1,6180 | 0,46695 | 153     | 2,6704 | 0,7666 | 1,9447 | 1,10818 |
| 109     | 1,9024 | 0,4193 | 1,6282 | 0,47844 | 154     | 2,6878 | 0,7750 | 1,9487 | 1,12472 |
| 110     | 1,9199 | 0,4264 | 1,6383 | 0,49008 | 155     | 2,7053 | 0,7836 | 1,9526 | 1,14132 |
| 111     | 1,9373 | 0,4336 | 1,6483 | 0,50187 | 156     | 2,7227 | 0,7921 | 1,9563 | 1,15799 |
| 112     | 1,9548 | 0,4408 | 1,6581 | 0,51379 | 157     | 2,7402 | 0,8006 | 1,9598 | 1,17472 |
| 113     | 1,9722 | 0,4481 | 1,6678 | 0,52586 | 158     | 2,7576 | 0,8092 | 1,9633 | 1,19151 |
| 114     | 1,9897 | 0,4554 | 1,6773 | 0,53807 | 159     | 2,7751 | 0,8178 | 1,9665 | 1,20835 |
| 115     | 2,0071 | 0,4627 | 1,6868 | 0,55041 | 160     | 2,7925 | 0,8264 | 1,9696 | 1,22525 |
| 116     | 2,0246 | 0,4701 | 1,6961 | 0,56289 | 161     | 2,8100 | 0,8350 | 1,9726 | 1,24221 |
| 117     | 2,0420 | 0,4775 | 1,7053 | 0,57551 | 162     | 2,8274 | 0,8436 | 1,9754 | 1,25921 |
| 118     | 2,0595 | 0,4850 | 1,7143 | 0,58827 | 163     | 2,8449 | 0,8522 | 1,9780 | 1,27626 |
| 119     | 2,0769 | 0,4925 | 1,7233 | 0,60116 | 164     | 2,8623 | 0,8608 | 1,9805 | 1,29335 |
| 120     | 2,0944 | 0,5000 | 1,7321 | 0,61418 | 165     | 2,8798 | 0,8695 | 1,9829 | 1,31049 |
| 121     | 2,1118 | 0,5076 | 1,7407 | 0,62734 | 166     | 2,8972 | 0,8781 | 1,9851 | 1,32766 |
| 122     | 2,1293 | 0,5152 | 1,7492 | 0,64063 | 167     | 2,9147 | 0,8868 | 1,9871 | 1,34487 |
| 123     | 2,1468 | 0,5228 | 1,7576 | 0,65404 | 168     | 2,9322 | 0,8955 | 1,9890 | 1,36212 |
| 124     | 2,1642 | 0,5305 | 1,7659 | 0,66759 | 169     | 2,9496 | 0,9042 | 1,9908 | 1,37940 |
| 125     | 2,1817 | 0,5383 | 1,7740 | 0,68125 | 170     | 2,9671 | 0,9128 | 1,9924 | 1,39671 |
| 126     | 2,1991 | 0,5460 | 1,7820 | 0,69505 | 171     | 2,9845 | 0,9215 | 1,9938 | 1,41404 |
| 127     | 2,2166 | 0,5538 | 1,7899 | 0,70897 | 172     | 3,0020 | 0,9302 | 1,9951 | 1,43140 |
| 128     | 2,2340 | 0,5616 | 1,7976 | 0,72301 | 173     | 3,0194 | 0,9390 | 1,9963 | 1,44878 |
| 129     | 2,2515 | 0,5695 | 1,8052 | 0,73716 | 174     | 3,0369 | 0,9477 | 1,9973 | 1,46617 |
| 130     | 2,2689 | 0,5774 | 1,8126 | 0,75144 | 175     | 3,0543 | 0,9564 | 1,9981 | 1,48369 |
| 131     | 2,2864 | 0,5853 | 1,8199 | 0,76584 | 176     | 3,0718 | 0,9651 | 1,9988 | 1,50101 |
| 132     | 2,3038 | 0,5933 | 1,8271 | 0,78034 | 177     | 3,0892 | 0,9738 | 1,9993 | 1,51845 |
| 133     | 2,3213 | 0,6013 | 1,8341 | 0,79497 | 178     | 3,1067 | 0,9825 | 1,9997 | 1,53589 |
| 134     | 2,3387 | 0,6093 | 1,8410 | 0,80970 | 179     | 3,1241 | 0,9913 | 1,9999 | 1,55334 |
| 135     | 2,3562 | 0,6173 | 1,8478 | 0,82454 | 180     | 3,1416 | 1,0000 | 2,0000 | 1,57080 |

Uwaga: Podane—odcinek koła przy kącie środkowym =  $27^\circ$  i promieniu  $r = 10$  cm;

obliczyć l, f, c i F.

$l = 0,4712 \cdot 10 = 4,71$  cm.

$f = 0,0276 \cdot 10 = 0,27$  cm.

$c = 0,4669 \cdot 10 = 4,67$  cm.

$F = 0,00862 \cdot 10 = 0,86$  cm<sup>2</sup>.

## TABELA Nr. 10-a.

Długość łuku ( $l$ ), powierzchnia odcinka kołowego ( $F$ ) według podanego stosunku strzałki ( $f$ ), a dług. cięciwy ( $c$ ).

| $f/c$        | $l/c$         | $F/c^2$       | $f/c$        | $l/c$         | $F/c^2$       | $f/c$        | $l/c$         | $F/c^2$       |
|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| 0,010        | 1,0003        | 0,0067        | 0,152        | 1,0605        | 0,1032        | 0,252        | 1,1616        | 0,1763        |
| 0,015        | 1,0006        | 0,0100        | 0,154        | 1,0621        | 0,1046        | 0,254        | 1,1640        | 0,1778        |
| 0,020        | 1,0011        | 0,0133        | 0,156        | 1,0637        | 0,1060        | 0,256        | 1,1665        | 0,1793        |
| 0,025        | 1,0017        | 0,0167        | 0,158        | 1,0653        | 0,1074        | 0,258        | 1,1690        | 0,1809        |
| 0,030        | 1,0024        | 0,0200        | 0,160        | 1,0669        | 0,1088        | 0,260        | 1,1715        | 0,1824        |
| 0,035        | 1,0033        | 0,0234        | 0,162        | 1,0686        | 0,1102        | 0,262        | 1,1740        | 0,1839        |
| 0,040        | 1,0043        | 0,0267        | 0,164        | 1,0702        | 0,1117        | 0,264        | 1,1765        | 0,1855        |
| 0,045        | 1,0054        | 0,0300        | 0,166        | 1,0719        | 0,1131        | 0,266        | 1,1791        | 0,1870        |
| 0,050        | 1,0067        | 0,0334        | 0,168        | 1,0733        | 0,1145        | 0,268        | 1,1816        | 0,1886        |
| 0,055        | 1,0080        | 0,0368        | 0,170        | 1,0754        | 0,1159        | 0,270        | 1,1843        | 0,1901        |
| 0,060        | 1,0096        | 0,0401        | 0,172        | 1,0771        | 0,1173        | 0,272        | 1,1869        | 0,1917        |
| 0,065        | 1,0112        | 0,0435        | 0,174        | 1,0789        | 0,1188        | 0,274        | 1,1895        | 0,1933        |
| 0,070        | 1,0130        | 0,0468        | 0,176        | 1,0807        | 0,1202        | 0,276        | 1,1921        | 0,1948        |
| 0,075        | 1,0149        | 0,0502        | 0,178        | 1,0825        | 0,1216        | 0,278        | 1,1948        | 0,1964        |
| 0,080        | 1,0170        | 0,0536        | 0,180        | 1,0843        | 0,1231        | 0,280        | 1,1974        | 0,1980        |
| 0,082        | 1,0179        | 0,0550        | 0,182        | 1,0861        | 0,1245        | 0,282        | 1,2001        | 0,1996        |
| 0,084        | 1,0188        | 0,0563        | 0,184        | 1,0880        | 0,1259        | 0,284        | 1,2028        | 0,2011        |
| 0,086        | 1,0197        | 0,0577        | 0,186        | 1,0898        | 0,1274        | 0,286        | 1,2056        | 0,2027        |
| 0,088        | 1,0203        | 0,0591        | 0,188        | 1,0917        | 0,1288        | 0,288        | 1,2083        | 0,2043        |
| 0,090        | 1,0216        | 0,0604        | 0,190        | 1,0936        | 0,1302        | 0,290        | 1,2111        | 0,2058        |
| 0,092        | 1,0226        | 0,0618        | 0,192        | 1,0956        | 0,1317        | 0,292        | 1,2138        | 0,2074        |
| 0,094        | 1,0235        | 0,0632        | 0,194        | 1,0975        | 0,1332        | 0,294        | 1,2166        | 0,2090        |
| 0,096        | 1,0246        | 0,0645        | 0,196        | 1,0995        | 0,1346        | 0,296        | 1,2193        | 0,2106        |
| 0,098        | 1,0256        | 0,0659        | 0,198        | 1,1015        | 0,1361        | 0,298        | 1,2220        | 0,2121        |
| <b>0,100</b> | <b>1,0265</b> | <b>0,0672</b> | <b>0,200</b> | <b>1,1035</b> | <b>0,1375</b> | <b>0,300</b> | <b>1,2249</b> | <b>0,2137</b> |
| 0,102        | 1,0275        | 0,0686        | 0,202        | 1,1055        | 0,1390        | 0,302        | 1,2278        | 0,2153        |
| 0,104        | 1,0286        | 0,0700        | 0,204        | 1,1075        | 0,1404        | 0,304        | 1,2306        | 0,2169        |
| 0,106        | 1,0297        | 0,0714        | 0,206        | 1,1096        | 0,1419        | 0,306        | 1,2335        | 0,2185        |
| 0,108        | 1,0308        | 0,0727        | 0,208        | 1,1116        | 0,1434        | 0,308        | 1,2364        | 0,2201        |
| 0,110        | 1,0320        | 0,0741        | 0,210        | 1,1137        | 0,1448        | 0,310        | 1,2392        | 0,2218        |
| 0,112        | 1,0331        | 0,0755        | 0,212        | 1,1158        | 0,1463        | 0,312        | 1,2422        | 0,2234        |
| 0,114        | 1,0343        | 0,0768        | 0,214        | 1,1180        | 0,1478        | 0,314        | 1,2451        | 0,2250        |
| 0,116        | 1,0355        | 0,0782        | 0,216        | 1,1201        | 0,1492        | 0,316        | 1,2480        | 0,2266        |
| 0,118        | 1,0367        | 0,0796        | 0,218        | 1,1222        | 0,1507        | 0,318        | 1,2509        | 0,2283        |
| 0,120        | 1,0380        | 0,0810        | 0,220        | 1,1244        | 0,1522        | 0,320        | 1,2539        | 0,2299        |
| 0,122        | 1,0392        | 0,0823        | 0,222        | 1,1266        | 0,1537        | 0,322        | 1,2569        | 0,2315        |
| 0,124        | 1,0405        | 0,0837        | 0,224        | 1,1288        | 0,1552        | 0,324        | 1,2599        | 0,2332        |
| 0,126        | 1,0418        | 0,0851        | 0,226        | 1,1311        | 0,1567        | 0,326        | 1,2629        | 0,2348        |
| 0,128        | 1,0431        | 0,0865        | 0,228        | 1,1333        | 0,1582        | 0,328        | 1,2659        | 0,2365        |
| 0,130        | 1,0445        | 0,0879        | 0,230        | 1,1356        | 0,1596        | 0,330        | 1,2689        | 0,2381        |
| 0,132        | 1,0458        | 0,0892        | 0,232        | 1,1379        | 0,1611        | 0,332        | 1,2720        | 0,2398        |
| 0,134        | 1,0472        | 0,0906        | 0,234        | 1,1402        | 0,1626        | 0,334        | 1,2750        | 0,2414        |
| 0,136        | 1,0486        | 0,0920        | 0,236        | 1,1425        | 0,1641        | 0,336        | 1,2781        | 0,2431        |
| 0,138        | 1,0500        | 0,0934        | 0,238        | 1,1448        | 0,1656        | 0,338        | 1,2812        | 0,2448        |
| 0,140        | 1,0515        | 0,0948        | 0,240        | 1,1471        | 0,1671        | 0,340        | 1,2843        | 0,2464        |
| 0,142        | 1,0530        | 0,0962        | 0,242        | 1,1495        | 0,1687        | 0,342        | 1,2874        | 0,2481        |
| 0,144        | 1,0544        | 0,0976        | 0,244        | 1,1519        | 0,1702        | 0,344        | 1,2905        | 0,2498        |
| 0,146        | 1,0559        | 0,0990        | 0,246        | 1,1543        | 0,1717        | 0,346        | 1,2937        | 0,2515        |
| 0,148        | 1,0574        | 0,1004        | 0,248        | 1,1567        | 0,1732        | 0,348        | 1,2968        | 0,2531        |
| <b>0,150</b> | <b>1,0590</b> | <b>0,1018</b> | <b>0,250</b> | <b>1,1591</b> | <b>0,1747</b> | <b>0,350</b> | <b>1,3000</b> | <b>0,2548</b> |

# TABELA Nr. 10-a.

Długość łuku (*l*), powierzchnia odcinka kołowego (*F*), według podanego stosunku strzałki (*f*), a długością cięciwy (*c*).

| <i>f/c</i> | <i>l/c</i> | <i>F/c²</i> | <i>f/c</i> | <i>l/c</i> | <i>F/c²</i> | <i>f/c</i> | <i>l/c</i> | <i>F/c²</i> |
|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 0,352      | 1,3031     | 0,2565      | 0,402      | 1,3867     | 0,3000      | 0,452      | 1,4775     | 0,3460      |
| 0,354      | 1,3063     | 0,2582      | 0,404      | 1,3902     | 0,3018      | 0,454      | 1,4813     | 0,3479      |
| 0,356      | 1,3095     | 0,2599      | 0,406      | 1,3937     | 0,3036      | 0,456      | 1,4851     | 0,3498      |
| 0,358      | 1,3128     | 0,2616      | 0,408      | 1,3972     | 0,3054      | 0,458      | 1,4889     | 0,3517      |
| 0,360      | 1,3160     | 0,2633      | 0,410      | 1,4008     | 0,3072      | 0,460      | 1,4927     | 0,3536      |
| 0,362      | 1,3192     | 0,2650      | 0,412      | 1,4043     | 0,3090      | 0,462      | 1,4965     | 0,3555      |
| 0,364      | 1,3225     | 0,2667      | 0,414      | 1,4079     | 0,3108      | 0,464      | 1,5003     | 0,3574      |
| 0,366      | 1,3258     | 0,2684      | 0,416      | 1,4114     | 0,3126      | 0,466      | 1,5042     | 0,3594      |
| 0,368      | 1,3290     | 0,2702      | 0,418      | 1,4150     | 0,3144      | 0,468      | 1,5080     | 0,3613      |
| 0,370      | 1,3323     | 0,2719      | 0,420      | 1,4186     | 0,3162      | 0,470      | 1,5118     | 0,3632      |
| 0,372      | 1,3356     | 0,2736      | 0,422      | 1,4222     | 0,3181      | 0,472      | 1,5157     | 0,3652      |
| 0,374      | 1,3390     | 0,2754      | 0,424      | 1,4258     | 0,3199      | 0,474      | 1,5196     | 0,3671      |
| 0,376      | 1,3423     | 0,2771      | 0,426      | 1,4294     | 0,3218      | 0,476      | 1,5235     | 0,3690      |
| 0,378      | 1,3456     | 0,2788      | 0,428      | 1,4331     | 0,3236      | 0,478      | 1,5274     | 0,3710      |
| 0,380      | 1,3490     | 0,2806      | 0,430      | 1,4367     | 0,3254      | 0,480      | 1,5313     | 0,3729      |
| 0,382      | 1,3524     | 0,2823      | 0,432      | 1,4404     | 0,3273      | 0,482      | 1,5352     | 0,3749      |
| 0,384      | 1,3557     | 0,2841      | 0,434      | 1,4440     | 0,3291      | 0,484      | 1,5391     | 0,3769      |
| 0,386      | 1,3591     | 0,2858      | 0,436      | 1,4477     | 0,3310      | 0,486      | 1,5430     | 0,3788      |
| 0,388      | 1,3625     | 0,2876      | 0,438      | 1,4514     | 0,3329      | 0,488      | 1,5470     | 0,3808      |
| 0,390      | 1,3660     | 0,2893      | 0,440      | 1,4551     | 0,3347      | 0,490      | 1,5509     | 0,3828      |
| 0,392      | 1,3694     | 0,2911      | 0,442      | 1,4588     | 0,3366      | 0,492      | 1,5548     | 0,3847      |
| 0,394      | 1,3728     | 0,2929      | 0,444      | 1,4625     | 0,3385      | 0,494      | 1,5588     | 0,3867      |
| 0,396      | 1,3763     | 0,2947      | 0,446      | 1,4663     | 0,3403      | 0,496      | 1,5628     | 0,3887      |
| 0,398      | 1,3797     | 0,2964      | 0,448      | 1,4700     | 0,3422      | 0,498      | 1,5668     | 0,3907      |
| 0,400      | 1,3832     | 0,2982      | 0,450      | 1,4738     | 0,3441      | 0,500      | 1,5708     | 0,3927      |

Uwaga. Podane — strzałka odcinka kołowego  $f = 9$  cm.,  
 długość cięciwy  $c = 30$  cm.,  
 poszukiwane  $l$  i  $F$ ;  $\frac{l}{f} = \frac{9}{30} = 0,3$ ;  $l = 1,2249 \cdot c = 36,75$  cm.,  
 $F = 0,2137 \cdot c^2 = 192,33$  cm<sup>2</sup>.

## II. ALGEBRA.

### a. Równania.

1. Równania pierwszego stopnia z dwiema niewiadomymi

$$\begin{aligned} ax + by &= c \quad \left| \quad x = \frac{cb_1 - c_1b}{ab_1 - a_1b} \right. \\ a_1x + b_1y &= c_1 \quad \left| \quad y = \frac{ac_1 - a_1c}{ab_1 - a_1b} \right. \end{aligned}$$



## 2. Równania stopnia drugiego (kwadratowe):

$$x^2 + px + q = 0; x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q} \quad \left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 = -p \\ x_1 x_2 = q \end{array} \right.$$

$$ax^2 + bx + c = 0; x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \left\{ \begin{array}{l} x_1 + x_2 = -\frac{b}{a} \\ x_1 x_2 = \frac{c}{a} \end{array} \right.$$

## 3. Równania trzeciego stopnia:

Każde równanie postaci  $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$  przy podstawieniu  $x = y - \frac{a}{3}$  można doprowadzić do następnego wyrażenia:  $y^3 + 3py + 2g = 0$ .

Przy  $g^2 + p^3 > 0$  — otrzymamy jeden pierwiastek rzeczywisty  $y_1 = \sqrt[3]{-g + \sqrt{g^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-g - \sqrt{g^2 + p^3}}$  (wzór Cardan'a), a dwa pierwiastki urojone.

Przy  $g^2 + p^3 < 0$ , a więc przy  $p < 0$  wszystkie pierwiastki są rzeczywiste, jednak wzór Cardan'a podaje ich w formie urojonej, w tym wypadku dogodniej rozwiązać zadanie sposobem trygonometrycznym:

$$\cos \varphi = \frac{-g}{\sqrt{-p^3}}, \text{ wówczas } y_1 = 2 \sqrt{-p} \cdot \cos \frac{\varphi}{3};$$

$$y_2 = -2 \sqrt{-p} \cdot \cos \left( \frac{\varphi}{3} + 60^\circ \right); y_3 = -2 \sqrt{-p} \cdot \cos \left( \frac{\varphi}{3} - 60^\circ \right)$$

## b. Dwumian Newton'a.

$$(a+b)^n = a^n + \frac{n}{1} a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} b^2 + \\ + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3} b^3 + \dots$$

$$(1+b)^n = 1 + \frac{n}{1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} b^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} b^3 + \dots$$

## c. Logarytmy.

$$a^x = y; x = \lg y \text{ (przy zasadzie a)}$$

$$\lg ab = \lg a + \lg b; \lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b;$$

$$\lg(a^m) = m \lg a; \lg \sqrt[m]{a} = \frac{\lg a}{m}$$

Logarytmy naturalne Neper'a mają zasadę  $e = 2,718281828 \dots$ , symbol „ln” lub „lg nat.”.

Logarytmy zwyczajne (Brygge'a) mają zasadę 10, symbol zas — „lg” lub „log”.

$$\begin{aligned} \ln x &= \ln 10 \cdot \lg x = 2,30258 \lg x \\ \lg x &= \lg e \cdot \ln x = 0,43429 \ln x \end{aligned} \quad \left. \begin{aligned} \ln 10 \cdot \lg e &= 1. \end{aligned} \right\}$$

liczba  $0,43429 = M$  — odwrotność (modul) logarytmów zwyczajnych.

#### d. Proporcje.

$$\begin{aligned} a:b=c:d; \frac{a}{b} &= \frac{c}{d}; ad=cb; \frac{a \pm b}{b} = \frac{c \pm d}{d}; \frac{b}{a \pm b} = \frac{d}{c \pm d} \\ \frac{a \pm c}{b \pm d} &= \frac{a}{b} = \frac{c}{d}; \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} = \frac{g}{h} = \frac{a+c+e+g}{b+d+f+h} \end{aligned}$$

#### e. Procenty.

$A$ —kapitał;  $r$ —dochód na 100;  $n$ —okres czasu;

$L$ —zysk na kapitał za okres czasu  $n$ .

$$L = \frac{A \cdot r \cdot n}{100}.$$

#### f. Postępy.

1. Arytmetyczne:  $a$ —pierwszy wyraz,  $l$ —ostatni wyraz,  $b$ —wyraz  $N$ em,  $r$ —różnica,  $n$ —ilość wyrazów,  $S$ —suma wyrazów.

$$l = a + (n-1)r; r = \frac{b-a}{n+1}; S = \frac{(a+l) \cdot n}{2}$$

2. Geometryczne:  $a$ —pierwszy wyraz,  $n$ —ilość wyrazów,  $q$ —stosunek,  $b$ —wyraz  $N$ em,  $l$ —ostatni wyraz,  $S$ —suma wyrazów.

$$l = aq^{n-1}; q = \sqrt[n+1]{\frac{b}{a}}; \text{przy } q > 1, S = \frac{lq - a}{q - 1};$$

przy  $q < 1, S = \frac{a - lq}{1 - q}$ ; granica sumy postępu malejącego dąży do  $S = \frac{a}{1 - q}$

**TRYGONOMETRYA.****a. Wzory podstawowe:**

1.  $\text{sn}^2 \alpha + \text{cs}^2 \alpha = 1.$

2.  $\text{tg} \alpha, \text{ctg} \alpha = 1.$

3.  $\sec \alpha, \text{cs} \alpha = 1.$

4.  $\text{cosec} \alpha, \text{sn} \alpha = 1.$

5.  $\text{tg} \alpha = \text{sn} \alpha : \text{cs} \alpha$

6.  $\text{ctg} \alpha = \text{cs} \alpha : \text{sn} \alpha$

7.  $\text{sn}(\alpha \pm \beta) = \text{sn} \alpha \text{cs} \beta \pm \text{cs} \alpha \text{sn} \beta$

8.  $\text{cs}(\alpha \pm \beta) = \text{cs} \alpha \text{cs} \beta \mp \text{sn} \alpha \text{sn} \beta$

9.  $\text{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\text{tg} \alpha \pm \text{tg} \beta}{1 \mp \text{tg} \alpha \text{tg} \beta}$

10.  $\text{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\text{ctg} \alpha \text{ctg} \beta \mp 1}{\text{ctg} \beta \mp \text{ctg} \alpha}$

11.  $\text{sn} \alpha + \text{sn} \beta = 2 \text{sn} \frac{\alpha + \beta}{2} \text{cs} \frac{\alpha - \beta}{2}$

12.  $\text{sn} \alpha - \text{sn} \beta = 2 \text{cs} \frac{\alpha + \beta}{2} \text{sn} \frac{\alpha - \beta}{2}$

13.  $\text{cs} \alpha + \text{cs} \beta = 2 \text{cs} \frac{\alpha + \beta}{2} \text{cs} \frac{\alpha - \beta}{2}$

14.  $\text{cs} \alpha - \text{cs} \beta = -2 \text{sn} \frac{\alpha + \beta}{2} \text{sn} \frac{\alpha - \beta}{2}$

15.  $\text{tg} \alpha \pm \text{tg} \beta = \frac{\text{sn}(\alpha \pm \beta)}{\text{cs} \alpha \text{cs} \beta}$

16.  $\text{ctg} \alpha \pm \text{ctg} \beta = \frac{\text{sn}(\beta \pm \alpha)}{\text{sn} \alpha \text{sn} \beta}$

17.  $\text{sn} 2 \alpha = 2 \text{sn} \alpha \text{cs} \alpha$

18.  $\text{sn} \alpha = 2 \text{sn} \frac{\alpha}{2} \text{cs} \frac{\alpha}{2}$

19.  $\cos 2 \alpha = \text{cs}^2 \alpha - \text{sn}^2 \alpha =$   
 $= 1 - 2 \text{sn}^2 \alpha = 2 \text{cs}^2 \alpha - 1$

20.  $\text{tg} 2 \alpha = \frac{2 \text{tg} \alpha}{1 - \text{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\text{ctg} \alpha - \text{tg} \alpha}$

21.  $\text{ctg} 2 \alpha = \frac{\text{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \text{ctg} \alpha} =$

$= \frac{1}{2} \text{ctg} \alpha - \frac{1}{2} \text{tg} \alpha$

22.  $\text{tg} \alpha = \pm \sqrt{\frac{1 - \text{cs} 2 \alpha}{1 + \text{cs} 2 \alpha}} =$

$= \frac{\text{sn} 2 \alpha}{1 + \text{cs} 2 \alpha} = \frac{1 - \text{cs} 2 \alpha}{\text{sn} 2 \alpha}$

23.  $\text{sn} 3 \alpha = 3 \text{sn} \alpha - 4 \text{sn}^3 \alpha$

24.  $\text{cs} 3 \alpha = 4 \text{cs}^3 \alpha - 3 \text{cs} \alpha$

25.  $\text{sn} \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \text{cs} \alpha}{2}} =$

$= \frac{1}{2} \sqrt{1 + \text{sn} \alpha} - \frac{1}{2} \sqrt{1 - \text{sn} \alpha}$

26.  $2 \text{sn}^2 \frac{\alpha}{2} = 1 - \text{cs} \alpha$

27.  $\text{cs} \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \text{cs} \alpha}{2}} =$

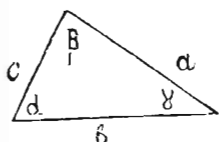
$= \frac{1}{2} \sqrt{1 + \text{sn} \alpha} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - \text{sn} \alpha}$

28.  $\text{cs}^2 \frac{\alpha}{2} = (1 + \text{cs} \alpha) \cdot \frac{1}{2}$

29.  $\frac{\text{tg} \left( 45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)}{\text{tg} \left( 45^\circ + \frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{(1 - \text{tg} \frac{\alpha}{2})^2}{(1 + \text{tg} \frac{\alpha}{2})^2} = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{1 - \text{sn} \alpha}{1 + \text{sn} \alpha}$

| $\alpha =$            | $0^\circ$    | $30^\circ$             | $45^\circ$             | $60^\circ$             | $90^\circ$   | $180^\circ$  | $270^\circ$  | $360^\circ$  |
|-----------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $\text{sn} \alpha =$  | 0            | $\frac{1}{2}$          | $\frac{1}{2} \sqrt{2}$ | $\frac{1}{2} \sqrt{3}$ | +1           | 0            | -1           | 0            |
| $\text{cs} \alpha =$  | +1           | $\frac{1}{2} \sqrt{3}$ | $\frac{1}{2} \sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}$          | 0            | -1           | 0            | +1           |
| $\text{tg} \alpha =$  | 0            | $\frac{1}{3} \sqrt{3}$ | 1                      | $\sqrt{3}$             | $\pm \infty$ | 0            | $\pm \infty$ | 0            |
| $\text{ctg} \alpha =$ | $\pm \infty$ | $\sqrt{3}$             | 1                      | $\frac{1}{3} \sqrt{3}$ | 0            | $\pm \infty$ | 0            | $\pm \infty$ |

$\frac{1}{2} \sqrt{2} = 0,7071; \frac{1}{2} \sqrt{3} = 0,866; \frac{1}{3} \sqrt{3} = 0,5774; \sqrt{3} = 1,7321.$

**b. Wzory ogólne dla rozwiązywania trójkątów.**

1.  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ .

2.  $\frac{a}{\sin \alpha} + \frac{b}{\sin \beta} + \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$ ;  $R$  — promień koła opisan.

3.  $a = b \cos \gamma + c \cos \beta$ ;  $b = c \cos \alpha + a \cos \gamma$ ;  $c = a \cos \beta + b \cos \alpha$

4.  $(a+b) : (a-b) = \operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2} : \operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}$

5.  $(b+c) \sin \frac{\alpha}{2} = a \cos \frac{\beta-\gamma}{2}$ ;  $(b-c) \cos \frac{\alpha}{2} = a \sin \frac{\beta-\gamma}{2}$

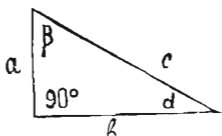
6. Twierdzenie Pythagoresa:  $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha$

7.  $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}$ ;  $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}}$ ;  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} =$

$$= \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}} = \frac{r}{s-a}$$
; gdzie  $s = (a+b+c) : 2$  = połowa obwodu;  $r$  = promień koła wpisan.

8. Wzory pola:  $F = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = \frac{1}{2} bc \sin \alpha = \frac{1}{2} ac \sin \beta$ ;

$$F = \frac{abc}{4R} = rs$$
;  $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

**c. Rozwiązywanie trójkątów prostokątnych.**

$\underline{a}$  i  $\underline{b}$  — przyprostokątne;  $\underline{\alpha}$  i  $\underline{\beta}$  — kąty im przeciwległe;  $\underline{c}$  — przeciwprostokątna;  $\underline{F}$  — pole trójkąta.

rys. 2.

| Podane  | Poszukiwane                             | Rozwiązanie                                                                                                                                                                                                                            |
|---------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a : b$ | $\alpha ; \beta ; c$<br>$\underline{F}$ | $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$ ; $\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$ ; $c = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}$ ; $\beta = 90^\circ - \alpha$ ; $F = \frac{ab}{2}$                         |
| $a ; c$ | $\alpha ; \beta ; c$<br>$\underline{F}$ | $\sin \alpha = \frac{a}{c}$ ; $\cos \beta = \frac{a}{c}$ ; $b = \sqrt{(c+a)(c-a)} = \sqrt{c^2 - a^2} = c \cos \alpha = ac \sin \beta$ ; $F = \frac{1}{2} a \sqrt{c^2 - a^2} = \frac{1}{2} ac \sin \beta$ ; $\beta = 90^\circ - \alpha$ |

| Podane      | Poszukiwane | Rozwiązanie                                                                                                           |
|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a; \alpha$ | $b; c; F$   | $b = a \operatorname{ctg} \alpha; c = \frac{a}{\sin \alpha}; F = \frac{1}{2} a^2 \operatorname{ctg} \alpha$           |
| $b; \alpha$ | $a; c; F$   | $a = b \operatorname{tg} \alpha; c = \frac{b}{\cos \alpha}; F = \frac{b^2 \operatorname{tg} \alpha}{2}$               |
| $c; \alpha$ | $a; b; F$   | $a = c \sin \alpha; b = c \cos \alpha; F = \frac{c^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2} =$<br>$= \frac{c^2 \sin 2\alpha}{4}$ |

#### d. Rozwiązywanie trójkątów ukośnokątnych.

$a, b, c$ —boki trójkąta;  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$ —kąty im przeciwległe;  
 $F$ —pole trójkąta;  $r$ —promień koła wpisanego;  
 $R$ —promień koła opisanego;  $h_a, h_b, h_c$ —wysokości;  
 $2s$ —bwód trójkąta.

| Podane    | Poszukiwane             | Rozwiązanie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a, b, c$ | $\alpha, \beta, \gamma$ | $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ; s = \frac{a + b + c}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|           | $F$                     | $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} = rs$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|           | $r$                     | $r = F : s; \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{s-a}; \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{r}{s-b};$<br>$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{s-c}$                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|           | $R$                     | $R = \frac{a}{2 \sin \alpha} = \frac{abc}{4F}; 2R = \frac{a}{\sin \alpha} =$<br>$= \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|           | $h_a, h_b, h_c$         | $h_a = b \sin \gamma; h_b = c \sin \alpha; h_c = a \sin \beta$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $a, b$    | $\beta, \gamma$         | $\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}; \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| $\alpha$  | $c$                     | $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}$ lub $c = a \cos \beta + b \cos \alpha =$<br>$= b \cos \alpha + \sqrt{a^2 - b^2 \sin^2 \alpha};$<br>Przy $b > a > b \sin \alpha$ — dwa rozwiązania:<br>$\beta > 90^\circ$ i $180^\circ - \beta > 90^\circ$<br>$c = b \cos \alpha \pm \sqrt{a^2 - b^2 \sin^2 \alpha} = b \cos \alpha \pm a \cos \beta,$<br>$F = \frac{ab \sin \gamma}{2} = \frac{bc \sin \alpha}{2}$<br>Przy $a \leq b \sin \alpha$ — trójkąt jest niemożliwy |

| Podane             | Poszukiwane     | Rozwiązanie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a, \alpha, \beta$ | $b, \gamma, c$  | $\gamma = 180 - (\alpha + \beta)$ ; reszta jak wyżej.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $a, b$             | $c$             | $c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma}$ ; $\sin \alpha = \frac{a \sin \gamma}{c}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| $\gamma$           | $\alpha, \beta$ | $\beta = 180^\circ - (\alpha + \gamma)$ ; lub $\operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} =$<br>$= \frac{a - b}{a + b} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$ ;<br>$\frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$ ; $\alpha = \frac{\alpha + \beta}{2} + \frac{\alpha - \beta}{2}$ ;<br>$\beta = \frac{\alpha + \beta}{2} - \frac{\alpha - \beta}{2}$ ; lub $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a \sin \gamma}{b - a \cos \gamma}$ ;<br>$F = \frac{ab \sin \gamma}{2}$ ; |

### e. Rozwiązywanie wieloboków foremnych.

$\underline{a}$  — bok wieloboka,  $\underline{r}$  — promień koła wpisanego,  
 $\underline{R}$  — promień koła opis.,  $\underline{n}$  — ilość (liczba) boków,  
 $\underline{F}$  — pole wielob.,  $\underline{2s}$  — obwód wieloboka.

$$1. \text{ Podane } \underline{a} \text{ i } \underline{n}: R = \frac{a}{2 \sin \frac{180^\circ}{n}}; r = \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{n};$$

$$F = \frac{n a^2}{4} \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{n} = \frac{1}{2} n \cdot a \cdot r; 2s = n \cdot a$$

$$2. \text{ Podane } \underline{r} \text{ i } \underline{n}: a = 2r \cdot \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}; R = \frac{r}{\cos \frac{180^\circ}{n}};$$

$$F = n \cdot r^2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}; 2s = 2n \cdot r \cdot \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{n}.$$

$$3. \text{ Podane } \underline{R} \text{ i } \underline{n}: a = 2R \sin \frac{180^\circ}{n}; r = R \cos \frac{180^\circ}{n};$$

$$F = \frac{n R^2}{2} \cdot \sin \frac{360^\circ}{n}; 2s = 2n R \sin \frac{180^\circ}{n}$$

Według tych wzorów zestawiona następująca tabela:

| $n$ | $R$       | $r$       | $a$                     | $F$                         |
|-----|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| 3   | 0,577 $a$ | 0,289 $a$ | 1,732 $R$ lub 3,464 $r$ | 0,433 $a^2$ lub 1,299 $R^2$ |
| 4   | 0,707 „   | 0,500 „   | 1,414 „ — 2,000 „       | 1,000 „ — 2,000 „           |
| 5   | 0,851 „   | 0,688 „   | 1,176 „ — 1,453 „       | 1,721 „ — 2,378 „           |
| 6   | 1,000 „   | 0,866 „   | 1,000 „ — 1,155 „       | 2,598 „ — 2,598 „           |
| 7   | 1,152 „   | 1,038 „   | 0,868 „ — 0,963 „       | 3,634 „ — 2,736 „           |
| 8   | 1,307 „   | 1,207 „   | 0,765 „ — 0,828 „       | 4,828 „ — 2,828 „           |
| 9   | 1,462 „   | 1,374 „   | 0,684 „ — 0,728 „       | 6,182 „ — 2,892 „           |
| 10  | 1,618 „   | 1,539 „   | 0,618 „ — 0,650 „       | 7,694 „ — 2,939 „           |
| 12  | 1,932 „   | 1,866 „   | 0,518 „ — 0,536 „       | 11,196 „ — 3,000 „          |
| 16  | 2,563 „   | 2,514 „   | 0,390 „ — 0,398 „       | 20,109 „ — 3,062 „          |
| 20  | 3,196 „   | 3,161 „   | 0,313 „ — 0,316 „       | 31,569 „ — 3,090 „          |
| 24  | 3,831 „   | 3,797 „   | 0,261 „ — 0,263 „       | 45,575 „ — 3,106 „          |

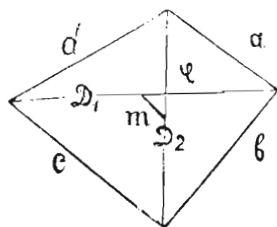
### 13. GEOMETRYA.

#### a) Figury płaskie.

UWAGA: w następnych wzorach  $F$  — pole figury.

1. Trójkąt — patrz trygonom. rozwiązywanie trójkątów.

2. Czworokąt (rys. 3):



$$F = \frac{1}{2} d_1 d_2 \sin \varphi$$

$$a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = d_1^2 + d_2^2 + 4m^2$$

Czworokąt wpisany w koło:

$$F = \sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)(s-d)}$$

$$a \cdot c + b \cdot d = d_1 \cdot d_2$$

$d_1$  i  $d_2$  — przekątne;

Rys. 3.

$\varphi$  — kąt pomiędzy niemi;  $s = (a + b + c + d) \cdot \frac{1}{2}$

$m$  — linia łącząca środki przekątnych.

$$\text{Rownoległobok: } F = b \cdot h = a \cdot b \cdot \sin \gamma = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi$$

$$2(a^2 + b^2) = D_1^2 + D_2^2$$

$$\text{Prostokąt: } F = a \cdot b = \frac{1}{2} D_1^2 \sin \varphi$$

$$\text{Ukośnik: } F = a^2 \sin \gamma = \frac{1}{2} D_1 D_2$$

$$\text{Trapez: } F = \frac{b + d}{2} \cdot h = \frac{1}{2} D_1 D_2 \sin \varphi$$

b i d—boki równoległe; h—odległość b od d;  $\gamma$ —kąt pomiędzy a i b

3. Wieloboki foremne: patrz trygonom. rozwiązywanie wieloboków foremnych.

4. Koło: r—promień; d—średnica; u—obwód

$$F = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 0,7854 d^2$$

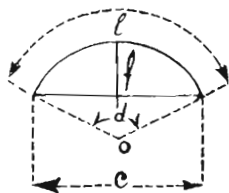
$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = 1,12838 \sqrt{F}; u = 2\pi r = \pi d$$

$$d = 0,31831 \cdot \frac{u}{\pi}; \pi = \frac{22}{7} \approx 3,14159265... \approx \frac{355}{113}$$

$$\text{Pierścień: } F = \pi (R^2 - r^2) = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) = \pi D \delta;$$

$$D_\delta = \frac{D + d}{2}; \delta \text{—szerokość pierścienia.}$$

5. Odcinek koła (rys. 4):  $F = \frac{lr}{2} - \frac{c(r-f)}{2} = \frac{1}{2} r^2 \left( \frac{\alpha^\circ \pi}{180^\circ} - \sin \frac{\alpha}{2} \right)$



$$r = \frac{c^2 + 4f^2}{8f} = \frac{c^2}{8f} + \frac{1}{2} f;$$

$$c = 2 \sqrt{f(2r-f)} = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$f = r \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = r - \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}}$$

Rys. 4.

Długość łuku:

$$l = \alpha r = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha^\circ}{180} = 0,0174533 r \alpha^\circ; \alpha^\circ = \frac{180^\circ l}{\pi \cdot r} = 57,29578 \frac{l}{r}.$$

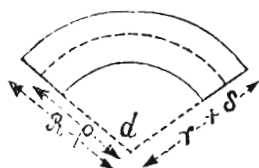


6. Wycinek koła:  $F = \frac{1}{2}lr = \frac{r^2\alpha}{2} = \frac{\pi r^2 \alpha^\circ}{360} = 0,0087266 r^2 \alpha^\circ$ .

7. Odcinek pierścienia (rys. 5):  $F = \frac{\pi \alpha^\circ}{360} (R^2 - r^2) =$

$$F = 0,0087266 \alpha^\circ (R^2 - r^2) \text{ lub}$$

$$F = \frac{\pi \alpha^\circ}{180} \rho \cdot \delta = 0,0174533 \alpha^\circ \rho \delta;$$



$\rho$  — średni promień,

$\delta$  — szerokość pierścienia.

rys. 5.

8. Elipsa:  $\underline{a}$  — długa półoś;  $\underline{b}$  — mała półoś;

$\underline{u}$  — obwód.

$$F = \pi \cdot a \cdot b.$$

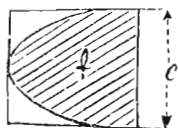
$$u = \pi(a+b) \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{a-b}{a+b} \right)^2 + \frac{1}{64} \left( \frac{a-b}{a+b} \right)^4 + \frac{1}{256} \left( \frac{a-b}{a+b} \right)^6 + \dots \right] \approx 2a \varphi.$$

## TABELA № 11.

Wartości  $\varphi$ .

| $b/a$ | $\varphi$ | $b/a$ | $\varphi$ | $b/a$ | $\varphi$ | $b/a$ | $\varphi$ | $b/a$ | $\varphi$ |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| 0,10  | 2,032     | 0,35  | 2,247     | 0,52  | 2,448     | 0,68  | 2,663     | 0,85  | 2,910     |
| 0,20  | 2,102     | 0,36  | 2,258     | 0,54  | 2,474     | 0,70  | 2,691     | 0,86  | 2,926     |
| 0,22  | 2,120     | 0,38  | 2,280     | 0,55  | 2,487     | 0,72  | 2,719     | 0,88  | 2,956     |
| 0,24  | 2,138     | 0,40  | 2,302     | 0,56  | 2,500     | 0,74  | 2,748     | 0,90  | 2,986     |
| 0,25  | 2,147     | 0,42  | 2,325     | 0,58  | 2,527     | 0,75  | 2,763     | 0,92  | 3,017     |
| 0,26  | 2,156     | 0,44  | 2,349     | 0,60  | 2,553     | 0,76  | 2,778     | 0,94  | 3,048     |
| 0,28  | 2,175     | 0,45  | 2,361     | 0,62  | 2,580     | 0,78  | 2,807     | 0,95  | 3,063     |
| 0,30  | 2,195     | 0,46  | 2,373     | 0,64  | 2,607     | 0,80  | 2,836     | 0,96  | 3,079     |
| 0,32  | 2,215     | 0,48  | 2,398     | 0,65  | 2,621     | 0,82  | 2,865     | 0,98  | 3,110     |
| 0,34  | 2,236     | 0,50  | 2,423     | 0,66  | 2,635     | 0,84  | 2,895     | 1,00  | 3,141     |

9. Parabola (rys. 6):  $F = \frac{2}{3} f.c.$  (na rysunku zaciemniono);



pole niezaciemnionej części prostokąta  $= \frac{1}{3} f.c.$ ; pole odcinka w przybliżeniu  $= \frac{2}{3} f.c.$ , gdzie  $f$  — strzałka, a  $c$  —

rys. 6.

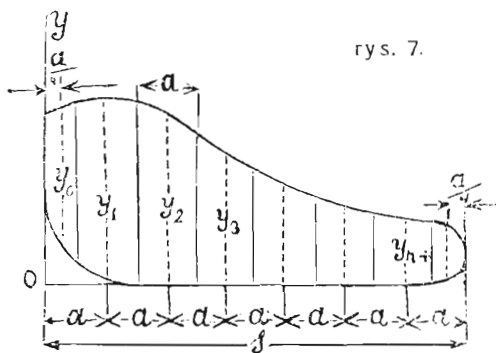
cięciwa odcinka paraboli.

Długość spłaszczzonego łuku paraboli

$$l = c \left[ 1 + \frac{8}{3} \cdot \left( \frac{f}{c} \right)^2 - \frac{32}{5} \left( \frac{f}{c} \right)^4 \right] \approx c \left[ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{f}{c} \right)^2 \right] =$$

$$= c \left[ 1 + 2,667 \left( \frac{f}{c} \right)^2 \right]$$

10. Figury nieforemne: a) na zasadzie reguły trapeza pole figury (rys. 7):



rys. 7.

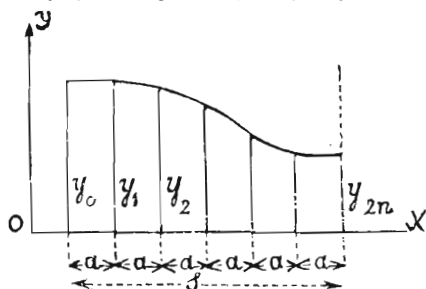
$$F = a \left( \frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) = \frac{s}{n} \left( \frac{y_0}{2} + \right.$$

$$\left. + y_1 + y_2 + y_3 + \dots + \frac{y_n}{2} \right).$$

Średnia rzędna diagramatu

$$y_{\text{sr.}} = \frac{1}{n} \left( \frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2} \right)$$

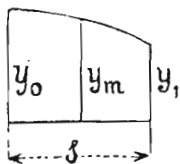
b) Wzór Simpson'a (rys. 8): podzielamy odcinę na parzystą ilość  $(2n)$  równych części, przeprowadzamy i wy-



rys. 8.

mierzamy rzędne  $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots, y_{2n}$ , wówczas.

$$F = \int_{x_0}^{x_{2n}} y dx = \frac{a}{3} \left[ y_0 + y_{2n} + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2n-1}) + \right. \\ \left. + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2n-2}) \right].$$



rys. 9.

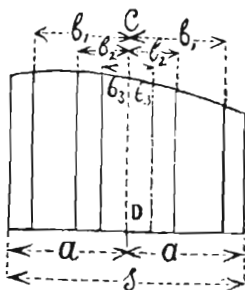
Jeżeli  $y$  jest funkcją całkowitą  $x$  nie wyżej potęgi trzeciej, to dostatecznie wymierzyć rzędne, środkową i skrajne,

$$\text{wówczas } F = \frac{s}{6} (y_0 + 4y_m + y_1)$$

c) Wzór Czebyszewa (rys. 10): przez środek podstawy  $s$  przeprowadzamy rzędną CD; od niej w odległościach  $=: b_1 = 0,866a$ ;  $b_2 = 0,422a$ ;  $b_3 = 0,267a$  przeprowadzamy rzędne  $h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6$  i wymierzamy ich, wówczas

$$F = \frac{a}{3} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6) = \\ = \frac{s}{6} (h_1 + h_2 + \dots + h_6).$$

Wzór ten daje bardzo dokładne rozwiązania.



rys. 10.

Jeżeli krzywa jest symetryczną odnośnie do CD to.

$$F = \frac{2}{3} a (h_1 + h_2 + h_3) = \frac{s}{3} (h_1 + h_2 + h_3).$$

## b. Powierzchnie i objętości ciał.

**Uwaga.** W niżej podanych wzorach  $\underline{v}$  — objętość,  $\underline{s}$  — powierzchnia.

1. Pryzmat i walec;  $F$  — pole podstawy,  $\underline{d}$  — średnica podstawy,  $\underline{h}$  — wysokość;

$$V_{pr} = Fh; V_w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h.$$

Pryzmat ukośnościęty przy żebrach  $h_1, h_2, \dots, h_n$

$$V_{pr} = F \cdot \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}$$

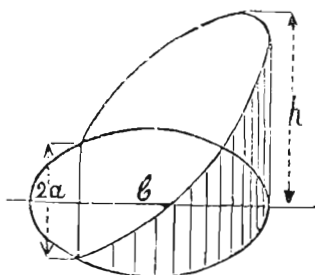
Walec ukośnościęty  $V_w = F \cdot \frac{h_{min.} + h_{max.}}{2}$

Jeżeli pryzmat i walec są pochylone, lecz podstawy mają równoległe, wówczas  $V = N \cdot l$ , gdzie  $\underline{N}$  — pole przekroju normalnego do żebra,  $l$  — długość żebra.

Powierzchnia boczna walca prostego  $s_s = \pi \cdot d \cdot h$ ;

walec — pustak (rura) —  $V = \pi \cdot h (R^2 - r^2) = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 - d^2) = \pi h D_0 \delta$ ,  $D$  i  $d$  — średnicy podstawy walca, zewnętrzna i wewnętrzna;  $D_0 = \frac{D + d}{2}$ ;  $\delta$  — grubość ścianki.

2. Klin o powierzchni walcowej (rys. 11):



rys. 11.

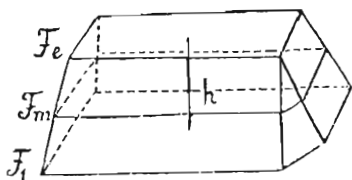
$$s = \frac{2rh}{b} \cdot \left[ (b-r)^2 + a^2 \right]$$

$$v = \frac{h}{3b} \cdot \left[ a(3r^2 - a^2) + 3r^2(b-r)^2 \right]$$

$\underline{r}$  — promień podstawy walca,



5. Pryzmatoid (rys. 13), ciało ograniczone dwoma równoległymi podstawami i dowolną ilością bocznych ścian; objętość określa się według wzoru Simpson'a



$$V = \frac{1}{6} \cdot h (F_1 + 4F_m + F_e);$$

rys. 13.

$F_1$  i  $F_e$  — pole podstawy, dolnej i górnej,  $F_m$  — pole przekroju środkowego,  $h$  — wysokość.

6. Kula (rys. 14).

- a. Kula:

$$S = 4\pi R^2 = \pi D^2 = 12,5664 R^2;$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{1}{6} \pi D^3 = 4,189 R^3 = 0,5236 D^3$$

$$R = 0,62035 \sqrt[3]{V}$$

- b. Odcinek kuli ABC (rys. 14)

Powierzchnia (kulista)

$$s = 2\pi Rh = \pi (a^2 + h^2)$$

$$a^2 = (2R - h) h; v = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2) = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h)$$

$R$  — promień kuli,  $a$  — promień podstawy odcinka kuli,  $h$  — wysokość (strzałka) odcinka

- c. Pas kulisty ACDE (rys. 14).

Powierzchnia (kulista)  $s = 2\pi Rh_1$

$$V = \frac{1}{6} \pi h_1 (3a^2 + 3b^2 + h_1^2); R^2 = a^2 + \left( \frac{a^2 - b^2 - h_1^2}{2h_1} \right)^2, a > b;$$

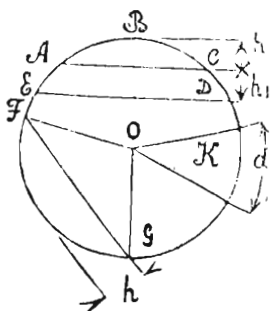
$a$  i  $b$  — promienie podstaw,  $h_1$  — wysokość pasa.

- d. Wycinek kuli OFG (rys. 14).

$s = \pi R (2h + a)$  — powierzchnia ogólna

$$v = \frac{2}{3} \pi R^2 h = 2,0944 R^2 h, \text{ gdzie}$$

$a$  — promień podstawy,  $h$  — wysokość odcinka kuli



rys. 14.

e. Klin kulisty OK (rys. 14) — wycięty płaszczyznami średnicowymi przy kącie  $\underline{d}$  pomiędzy nimi

$$s = \frac{4\pi R^2 \alpha''}{360'} = \frac{\pi R^2 \alpha''}{90'} = 0,03491 R^2 \alpha''$$

$$V = \frac{\pi R^2 \alpha''}{270'} = s \cdot \frac{1}{3} \cdot R = 0,01164 R^2 \alpha''.$$

7. Beczka — dno koło średnicy  $\underline{d}$ , ścianki paraboliczne,  $D$  — średnica przekroju na wysokości  $\frac{h}{2}$ ,  $h$  wysokość beczki,

$$V = \frac{1}{15} \pi h (2D^2 + Dd + 0,75 d^2) = 0,2094 (2D^2 + Dd + 0,75 d^2).$$

8. Elipsoida:

$$V = \frac{4}{3} \pi a b^2 = 4,1888 ab^2; a \text{ i } b — \text{półosie, } 2a \text{ oś obrotu.}$$

9. Paraboloida:

$$V = \frac{1}{2} \pi r^2 h = 1,571 r^2 h; \text{ gdzie } \underline{h} — \text{odległość wierzchołka}$$

od podstawy,  $r$  — promień podstawy. Paraboloida ścięta przez dwie płaszczyzny równoległe o promieniach  $R$  i  $r$ :

$$V = \frac{1}{2} \pi (R^2 + r^2) h = 1,571 (R^2 + r^2) h.$$

Ciała obrotowe wogóle:

Twierdzenie Guldin'a (Pappus'a)

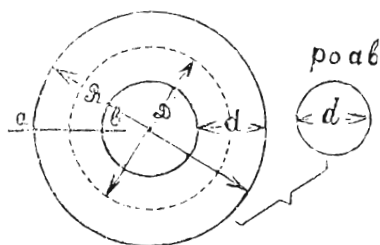
a. — Powierzchnia ciała obrotowego  $= l \cdot L$ , gdzie  $l$  — długość tworzącej linii,  $L$  — droga przebyta przez jej środek ciężkości.

b. — Objętość ciała obrotowego  $= F \cdot L$  gdzie

$\underline{F}$  — pole figury obracania,

$L$  — droga przebyta przez środek ciężkości pola obr.

## 10. Pierścień (rys. 15):



Przekrój poprzeczny —  
koło o średnicy  $\underline{d}$ .

$$D = \frac{R + r}{2};$$

$$V = \frac{\pi^2 D d^2}{4} = 2,4674 D d^2$$

$$S = \pi^2 D d = 9,8696 D d.$$

rys. 15.

10a. Obręcz: Przekrój poprzeczny — półkoło o promieniu  $\underline{r}$ ;  $R$  — wewnętrzny promień obręcza

$$V = \frac{\pi r^2}{2} \cdot 2\pi \left[ R + \frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi} \right] = 9,87 R r^2 + 4,189 r^3$$

Powierzchnia zewnętrzna:

$$S = \pi r \cdot 2\pi \left[ R + \frac{2r}{\pi} \right] = 19,739 R r + 12,566 r^2$$

Powierzchnia boczna ogólna:

$$S^o = 19,739 R \cdot r + 12,566 (r + R) r.$$

11. Ogniwo łańcucha:  $\underline{d}$  — średnica przekroju poprzecznego ogniwa;

a. — Ogniwo eliptyczne — krótkie, przy osiach zewnętrznych: małej  $\approx 3,5 d$ , dużej  $\approx 4,6 d$

$$V \approx 7,6 d^3$$

b. — Ogniwo eliptyczne — długie przy osiach zewnętrznych: małej  $\approx 3,5 d$ , dużej  $\approx 5,5 d$

$$V \approx 9,3 d^3.$$

## C. WIEŁOŚCIANY.

## 1. Tabela № 12

Powierzchnie i objętości niektórych wielościanów foremnych.

Oznaczenia:  $\underline{R}$  — promień kuli opisanej

$\underline{r}$  — promień kuli wpisanej



a — krawędźv — objętość; s — powierzchnia.

|          | V                                       | s                           | R                                   | r                                    |
|----------|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Tetraedr | $\frac{1}{12} a^3 \sqrt{2} = 0,118 a^3$ | $a^2 \sqrt{3} = 1,732 a^2$  | $\frac{1}{4} a \sqrt{6} = 0,6124 a$ | $\frac{1}{12} a \sqrt{6} = 0,2041 a$ |
| Sześcian | $a^3$                                   | $6a^2$                      | $\frac{1}{2} a \sqrt{3} = 0,866 a$  | $\frac{1}{2} a$                      |
| Oktaedr  | $\frac{1}{3} a^3 \sqrt{2} = 0,471 a^3$  | $2a^2 \sqrt{3} = 3,464 a^2$ | $\frac{1}{2} a \sqrt{2} = 0,707 a$  | $\frac{1}{6} a \sqrt{6} = 0,408 a$   |

## 2. Niektóre zależności pomiędzy elementami wielościanów.

Twierdzenie Euler'a: w każdym wielościanie suma liczb wierzchołków i ścian = ilości krawędzi + 2, t. j.  $n_w + n_{sc} = n_{kr} + 2$ .

Przy ścianach trójkątnych:

$$3 n_{sc} = 2 n_{kr}, \text{ a także } 3 n_w - n_{kr} = 6.$$

W każdym wielościanie ilość kątów płaskich równa się podwójnej ilości krawędzi:

$$n_{k\acute{a}t} = 2 n_{kr}.$$

# 14. ZASADY RACHUNKU RÓŻNICZKOWEGO I CAŁKOWEGO.

a. Ogólny wzór różniczkowania wyrażenia  $ax^m$ :

$$d(ax^m) = m \cdot ax^{m-1} dx, \text{ podobnie otrzymuje się: } d\left(\frac{1}{2} x^2\right) =$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot x^{2-1} dx = x dx; d(x^2) = 2x dx; dx = 1 \cdot x^{1-1} dx = dx$$

Różniczka liczby stałej = 0:  $d(a + x) = dx$ ;  $d(ax) =$   
 $= adx$ ;  $d(x + y + z + \dots) = dx + dy + dz + \dots$ ;  $d(xy) = xdy +$   
 $+ ydx$ ;  $d(xyz \dots) = \left( \frac{dx}{x} + \frac{dy}{y} + \frac{dz}{z} + \dots \right) xyz \dots$   
 $d \frac{x}{y} = \frac{ydx - xdy}{y^2}$ .

b. Ogólny wzór całkowania wyrażenia  $ax^n$ :

$$\int ax^n dx = a \frac{x^{n+1}}{n+1}; \text{ podobnie otrzymuje się:}$$

$$\int x dx = \frac{x^2}{2}; \int 2x dx = x^2.$$

Wyjątek z ogólnego pravidła — całka wyrażenia, w którym  $n = (-1)$ , ponieważ stosując prawo ogólne otrzymuje

$$\text{się: } \int adx = \int ax^{-1} dx = \frac{ax^0}{0} = \frac{a \cdot 1}{0} = \infty, \text{ gdy powinno się}$$

otrzymać:

$$\int \frac{dx}{x} = \lg \text{nat } x = 2,3025851 \lg x, \text{ czyli że całka wyra-}$$

żenia  $\frac{dx}{x} = \logarytmowi \text{ naturalnemu } x$ .

Jeżeli całkowanie ma się odbyć w granicach, gdy zmienna przybiera wartości od  $x_0$  do  $x_1$  ( $x_1 > x_0$ ), działanie całkowania odbywa się powyższym sposobem, wstawiając kolejno zamiast  $x$  wartości  $x_1$  i  $x_0$ , następnie odejmując ostatni od poprzedniego:

$$\int_{x_0}^{x_1} ax^n dx = \frac{ax_1^{n+1}}{n+1} - \frac{ax_0^{n+1}}{n+1} = \frac{a}{n+1} \left( x_1^{n+1} - x_0^{n+1} \right);$$

$$\int_{x_0}^{x_1} \frac{dx}{x} \lg \text{nat } x_1 - \lg \text{nat } x_0 = \lg \text{nat } \frac{x_1}{x_0}.$$

## c. TABELA № 13

Różniczek i całek.

| Różniczki                                                         | Całki                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $dx^n = nx^{n-1} dx$                                              | $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$                                  |
| $dx^{-n} = -\frac{n}{x^{n+1}} dx$                                 | $\int \frac{dx}{x^n} = \int dx \cdot x^{-n} = \frac{x^{-n+1}}{-n+1} + C$ |
| $d \frac{1}{x^2} = -\frac{2}{x^3} dx$                             | $\int \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} + C$                                 |
| $d \log_e x = \frac{\log_e e}{x} dx$                              | $\int \frac{\log_e e}{x} dx = \log x + C$                                |
| $d \frac{\log x}{\log e} = \frac{dx}{x}$                          | $\int \frac{dx}{x} = \frac{\log x}{\log e} + C$                          |
| $d A^x = \frac{\log A}{\log e} A^x dx$                            | $\int A^x dx = \frac{\log e}{\log A} A^x + C$                            |
| $d \sin x = \cos x dx$                                            | $\int \cos x dx = \sin x + C$                                            |
| $d \cos x = -\sin x dx$                                           | $\int \sin x dx = -\cos x + C$                                           |
| $d \tan x = \frac{dx}{\cos^2 x} = (1 + \operatorname{tg}^2 x) dx$ | $\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \tan x + C$                                  |
| $d \cot x = -\frac{dx}{\sin^2 x}$                                 | $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\cot x + C$                                 |
| $d \sec x = \frac{\sin x}{\cos^2 x} dx$                           | $\int \frac{\sin x}{\cos^2 x} dx = \sec x + C$                           |
| $d \operatorname{cosec} x = -\frac{\cos x}{\sin^2 x} dx$          | $\int -\frac{\cos x}{\sin^2 x} dx = -\operatorname{cosec} x + C$         |

## Różnicezki

## Całki

$$d \arcsin x = \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x + C$$

$$d \arccos x = \frac{-dx}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\int \frac{-dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arccos x + C$$

$$d \arctan x = \frac{dx}{1+x^2}$$

$$\int \frac{dx}{1+x^2} = \arctan x + C$$

$$d \operatorname{arccot} x = \frac{-dx}{1+x^2}$$

$$= -\operatorname{arccot} x + C$$

$$d \operatorname{arcséc} x = \frac{dx}{x \sqrt{x^2-1}}$$

$$\int \frac{dx}{x \sqrt{x^2-1}} = \operatorname{arcséc} x + C$$

$$d \operatorname{arcoséc} x = \frac{-dx}{x \sqrt{x^2-1}}$$

$$\int \frac{-dx}{x \sqrt{x^2-1}} = \operatorname{arcoséc} x + C$$

$$d \frac{1}{x} = \frac{-dx}{x^2}$$

$$\int \frac{-dx}{x^2} = + \frac{1}{x} + C$$

$$d \sqrt{x} = \frac{dx}{2\sqrt{x}}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{x}} = 2\sqrt{x} + C$$

$$d \sqrt{F(x)} = \frac{F'(x) dx}{2\sqrt{F(x)}}$$

$$\int \frac{F'(x) dx}{\sqrt{F(x)}} = 2\sqrt{F(x)} + C$$

$$\frac{d(a+bx)^{n+1}}{b(n+1)} = (a+bx)^n dx$$

$$\int (a+bx)^n dx = \frac{(a+bx)^{n+1}}{b(n+1)} + C$$

$$d \frac{1}{b} \sqrt{a+bx} = \frac{dx}{2\sqrt{a+bx}}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a+bx}} = \frac{2}{b} \sqrt{a+bx} + C$$

$$d \arcsin \frac{x}{a} = \frac{dx}{a \sqrt{a^2-x^2}}$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = a \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$d \arccos \frac{x}{a} = \frac{-dx}{a \sqrt{a^2-x^2}}$$

$$\int \frac{-dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = -a \arccos \frac{x}{a} + C$$

$$d \arctan \frac{x}{a} = \frac{dx}{a^2+x^2}$$

$$\int \frac{dx}{a^2+x^2} = \arctan \frac{x}{a}$$

## 15. GEOMETRIA ANALITYCZNA.

### a. Równania pierwszego stopnia

Linia prosta.

Równanie ogólne:  $Ay - Bx = c$  lub  $y = ax + b$

Linia równoległa do  $x$ :  $y = b$

Linia równoległa do  $y$ :  $x = c$ .

Linia przechodząca przez początek współrzędnych:  $y = ax$ .

Kąt  $\alpha$  linii danej z osią  $x$ :  $\operatorname{tg} \alpha = a$

Jeżeli osie współrzędnych przecinają się pod kątem  $\theta$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a \sin \theta}{1 + a \cos \theta}$$

Linia przechodzi przez dwa dane punkty  $x_1, y_1$  i  $x_2, y_2$ :

$$y_2 - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_1 - x_2)$$

### b. Równania drugiego stopnia

Linie krzywe.

Równanie ogólne:  $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$ .

1. **Obwód koła:** Jeżeli osie współrzędnych mają swój początek w punkcie  $c$  (rys. 16), środku koła, to równanie środkowe będzie:

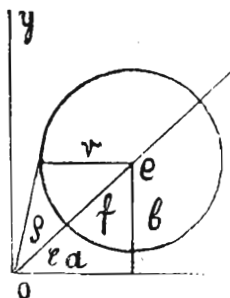
$$x^2 + y^2 = r^2.$$

Równanie biegunowe (polarne); oś biegunowa  $oc$ :

$$\rho^2 - 2\rho \cos \varphi + f^2 = r^2.$$

Styczna, w punkcie  $x_1, y_1$ , do koła:

$$yy_1 + xx_1 = r^2.$$



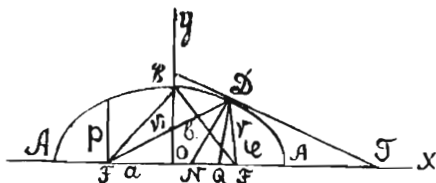
rys. 16.

Normalna (linia prostopadła do stycznej i przeprowadzona przez punkt styczności):

$$y = \frac{y_1}{x_1} x.$$

2. Elipsa (rys. 17). Równanie krzywej:

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{a^2} = 1.$$



rys. 17.

Odległość ogniska od środka  $OF = \pm \sqrt{a^2 - b^2} = c$ , podwójna odległość  $OF$ , czyli  $FF$ , nazywa się mimośrodem elipsy;  $OA = a$ ;  $OB = b$ .

Kierownicą jest linia prosta, prostopadła do osi dużej, taka, że odległość każdego punktu elipsy od jednego ogniska i odległość tego punktu od tejże linii jest w stosunku stałym = stosunkowi mimośrodu do osi dużej  $e = \frac{c}{a}$ ; elipsa ma dwie kierownice których odległość od

$$\text{środka} = \sqrt{\frac{a^2}{a^2 - b^2}}$$

Długość promieni wodzących:  $r = a - \frac{cx}{a} = a - ex$ :

$$r_1 = a + \frac{cx}{a} = a + ex; \quad r + r_1 = 2a.$$

Jeżeli początek współrzędnych w punkcie  $A_1$ , to równanie krzywej:  $y^2 = 2 \frac{b^2}{a} x - \frac{b^2}{a^2} x^2 = 2px - \frac{px^2}{a}$ .

Elipsa ma:  $BF = BF_1 = OA = a$ ;  $p = a(1 - e^2) = \frac{b^2}{a}$ ;

Wielkość  $2p$  nazywa się parametrem elipsy.

Styczna  $DT$  do elipsy w punkcie  $D(x, y)$

$$DT = \frac{ay}{bx} \sqrt{\pm(a^2 - c^2 x^2)}.$$

Podstyczna  $TQ$  — długość zawarta pomiędzy rzędną punktu i końcem stycznej:  $TQ = \mp \frac{a^2}{x} \pm x$ .

$$\text{Normalna DN} = \frac{b}{a} \sqrt{\pm (a^2 - e^2 x^2)};$$

$$\text{Podnormalna NQ} = \mp \frac{b^2}{a^2} x;$$

$$\text{Promień krzywizny } \gamma = \frac{a^2}{b} \left( 1 - \left( \frac{c^2 x^2}{a^4} \right)^{3/2} \right);$$

$$\text{Obwód elipsy: } u = \pi (a + b) \left[ 1 + \frac{1}{4} m^2 + \frac{1}{64} m^4 + \frac{1}{256} m^6 + \dots \right]$$

$$\text{gdzie } m = \frac{a-b}{a+b}; \text{ powierzchnia elipsy } F = \pi \cdot a \cdot b.$$

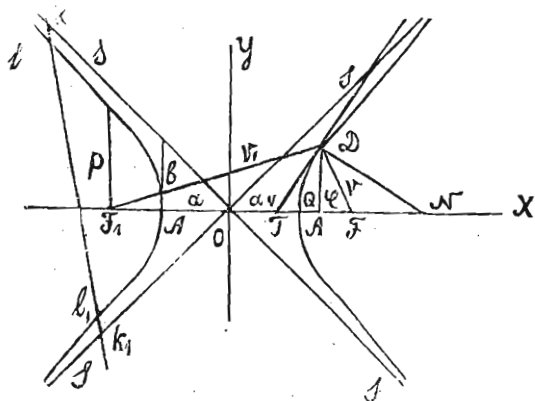
$$\text{Objętość elipsoida: } V = \frac{4}{3} \pi \cdot a \cdot b^2, \text{ przy osi obracania}$$

$$\underline{a} \text{ i } V = \frac{4}{3} \pi \cdot a^2 b \text{ przy osi obracania } \underline{b}; \text{ elipsoida trzyosio}$$

$$\text{wa: } V = \frac{4}{3} \pi \cdot a \cdot b \cdot c.$$

3. **Hyperbola** (rys. 18). Równanie krzywej:

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2} = -1; y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x^2 - a^2}$$



rys. 18.

$$\text{Mimośród: } 2c = 2 \sqrt{a^2 - b^2}; r = \frac{cx}{a} - a; r_1 = \frac{cx}{a} + a; r_1 - r = 2a$$

Kierownicą jest linja prostopadła do osi rzeczywistej (linji  $AA_1$ ), mająca taką własność że odległości każdego punktu hyperboli od jednego z ognisk i kierownicy są w stosunku stałym, równym stosunkowi mimośrodu do osi przechodzącej przez ogniska:  $e = \frac{c}{a}$ .

Hyperbola ma dwie kierownice, których odległość od środka hyperboli  $= \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ;

Wielkość  $2p$  nazywa się parametrem.

Linje niemalstyczne—asympoty:

$$y = \pm \frac{b}{a} \cdot x.$$

$$\text{Styczna } DT = \frac{ay}{bx} \cdot \sqrt{\pm a^2 - e^2 x^2};$$

$$\text{Normalna } DN = \frac{b}{a} \sqrt{\pm (a^2 - e^2 x^2)};$$

$$\text{Podstyczna } TQ = \pm \frac{b^2}{a^2} x; \text{ podnormalna } NQ = \mp \frac{b^2}{a^2} x.$$

Promień krzywizny w punkcie  $D$

$$\rho = a^2 b^2 \left( \frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4} \right)^{3/2}.$$

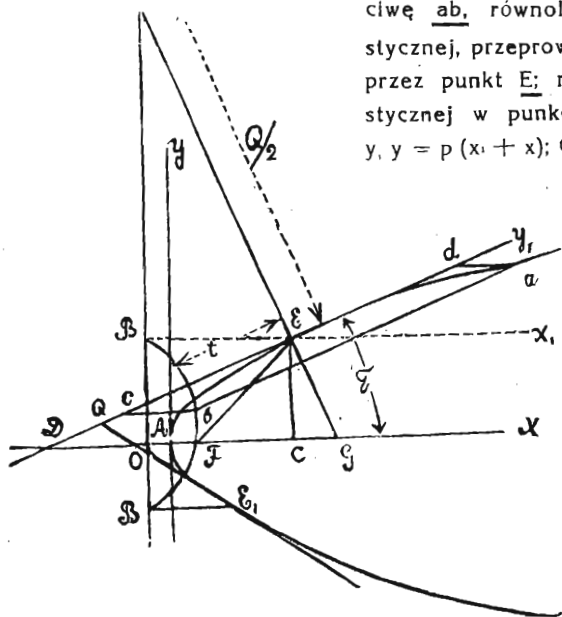
Równanie hyperboli wzięte względem asymptot jako współrzędnych:  $xy = \frac{a^2 + b^2}{4} = m^2$ , wartość stała.

**4. Parabola** (rys. 19). Początek współrzędnych punkt  $A$ ; równanie paraboli:  $y^2 = 2p x$ ; odległość ogniska od wierzchołka paraboli  $AF = \frac{1}{2}p$ ;  $p$  — jest rzędną przez punkt ogniska przeprowadzoną. Linja prostopadła do osi  $x$ , przecinająca się z nią w punkcie  $o$ , odległym od wierzchołka paraboli o  $\frac{p}{2}$ , nazywa się kierownicą lub osią biegunową ogniska. Każdy punkt paraboli jest równo oddalony od ogniska i kierownicy; odległości te, czyli promienie wodzące  $= \frac{p}{2} + x$ ; parametr paraboli  $= 2p$  — podwójna odległość



ogniska od kierownicy. Linia  $Ex_1$  — punkt  $E$  dowolny — średnica paraboli, dzieli na dwie równe części każdą cię-

ciwę  $\underline{ab}$ , równoległą do stycznej, przeprowadzonej przez punkt  $E$ ; równanie stycznej w punkcie  $x_1, y_1$ :  $y, y = p(x_1 + x)$ ;  $CD = 2x_1$



rys. 19.

Normalna  $EG$ :  $y - y_1 = \frac{y_1}{p}(x - x_1)$

Podnormalna  $CG = p$ ; promień krzywizny:

$\rho = \frac{(p + 2x)^{3/2}}{p} = \frac{EG^2}{p}$ ; rzut promienia krzywizny na oś  $x =$   
 $= 2FE = 2BE$ ; równanie ewoluty (rozwijanej):  $27py^2 =$   
 $= 8(x - p)^3$ ; pole  $AEC = \frac{2}{3}xy$ ; pole  $aEb = \frac{2}{3}abcd$ .

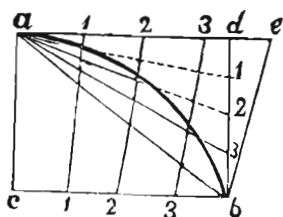
Długość łuku  $AE = l = \frac{p}{2} \left[ \sqrt{\frac{2x}{p} \left( 1 + \frac{2x}{p} \right)} + \ln \left( \sqrt{\frac{2x}{p}} + \right. \right.$   
 $\left. \left. + \sqrt{1 + \frac{2x}{p}} \right) \right] = t + \frac{p}{2} \ln \operatorname{Ctg} \frac{\tau}{2}$ ; objętość paraboloidu

utworzonego obracaniem  $AEC$  około osi  $x$ :  $V = \pi x' p = \pi \frac{y'}{4p}$

$$= \frac{\pi}{2} y' x$$

### c. Wykreślenie niektórych linii krzywych.

1. Łuk kołowy: środek łuku nie układa się na rysunku (rys. 20): podane,  $\underline{ac}$ —strzałka łuku,  $\underline{cb}$ —połowa cięciwy;

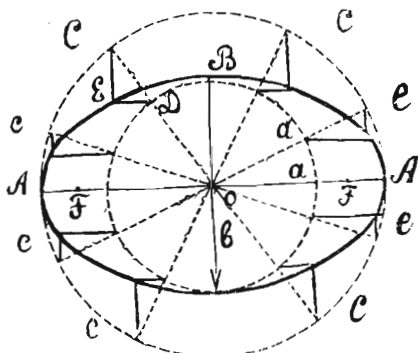


rys. 20.

łączymy punkty  $\underline{a}$  i  $\underline{b}$  prostą  $ab$ , przeciągamy  $ae \parallel cb$ ,  $db \perp cb$ ,  $eb \perp ab$ ; dzielimy  $\underline{cb}$ ,  $\underline{db}$  i  $\underline{ae}$  na dowolną, lecz jednakową ilość równych części, łączymy punkty podziału  $\underline{cb}$  i  $\underline{ae}$  między sobą, a punkt  $\underline{a}$  z punktami podziału linii  $db$ ; krzyżowania jednakowo za-

numerowanych linii wykażą punkty łuku kołowego.

2. Elipsa.  $\alpha$ . Podane:—duża i mała osie,  $2a$  i  $2b$  (rys. 21);

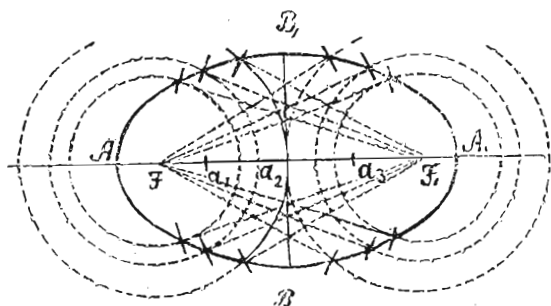


rys. 21.

zaczynamy ze środka  $o$  dwa koła o promieniach  $\underline{a}$  i  $\underline{b}$ ; przeciągamy dowolny promień  $oc$ , przeprowadzamy przez punkt  $D$ ,  $ED \parallel a$ , i przez punkt  $c$  —  $CE \parallel b$ ; punkt przecięcia się

E jest punktem elipsy; tak znajduje się i inne punkty elipsy. Ogniska otrzymamy w punktach krzyżowania osi  $AA_1 = 2a$  z łukiem o promieniu  $a$ , zatoczonym ze środka  $B$ .

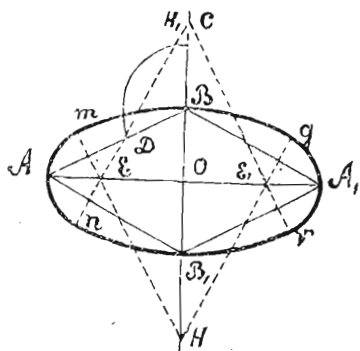
2. Podane: duża i mała osie  $AA_1$  i  $BB_1$  i ogniska



rys. 22.

$F$  i  $F_1$  (rys. 22); na dużej osi  $AA_1$  wyznaczamy punkty dowolne  $a_1, a_2, a_3, \dots$ , przyjmując ogniska za środki zataczamy dwa koła o promieniu  $Aa_1$  i dwa koła o promieniu  $A_1a_1$ ; cztery punkty przecięcia się kół o różnych promieniach będą punktami elipsy bo:  $Aa_1 + A_1a_1 = AA_1 =$  dużej osi elipsy; zataczając tak koła o promieniach  $Aa_2, A_1a_2$  i t. d. otrzymamy dowolną ilość punktów krzywej.

7. Przybliżony sposób wykreślenia elipsy (rys. 23).

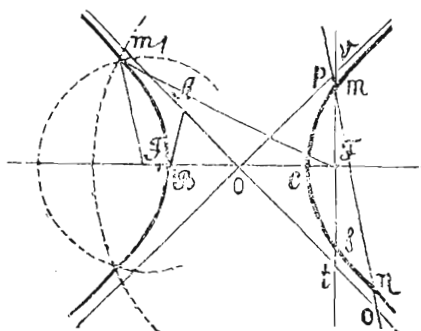


rys. 23.

Podane osie  $AA_1 = 2a$  i  $BB_1 = 2b$ ;  $OC = AO = a$ ;  $DB = CB = a - b$ ; przez środek linii  $AD$  przeprowadzamy  $mH \perp AB$ ; punkt  $E$  — środek łuku  $nAm$ , punkt  $H$  — środek łuku  $mBo$ ; odkładamy  $OE_1 = OE$  i  $OH_1 = OH$ , otrzymamy jeszcze dwa środki  $E_1$  i  $H_1$ , z których zataczamy łuki  $gh_1r$  i  $rBn$ .

### 3. Hyperbola (rys. 24).

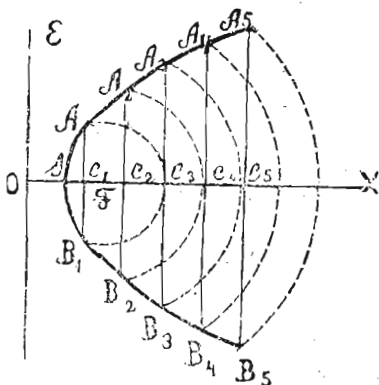
a. Podane: asymptoty i punkt  $m$ . Stosując własność siecznych hyperboli, znajdziemy punkty krzywej: przeciągamy dowolnie przez punkt  $m$  proste  $po$ ,  $rt$  i t. d., odkła-



rys. 24.

damy  $on = pm$ ,  $ts = mr$  i t. d. i otrzymujemy punkty hyperboli  $n$ ,  $s$  i t. d. Ogniska  $F$  i  $F_1$  znajdują się po obu stronach  $o$  w odległości  $OF = OF_1 = AO = \sqrt{a^2 + b^2}$  ( $a = OB$  — pół osi rzeczywistej,  $b = AB$  — pół osi urojonej).

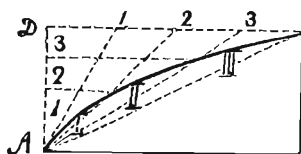
β. Podane: wierzchołek  $B$  i ogniska hyperboli  $F$  i  $F_1$  (rys. 24); własność promieni wodzących: dla każdego punktu hyperboli  $m$ ,  $Fm_1 - Fm = Bc = 2a$ , więc dla wierzchołka  $B$ ,  $FB - F_1B = BC$  i otrzymujemy punkt  $C$  drugi wierzchołek; zataczamy z ogniska  $F$  łuk o promieniu dowolnym  $Fm_1$ , a z ogniska  $F_1$  — łuk o promieniu  $Fm_1 - Bc = F_1m_1$ ; punkty przecięcia się tych łuków są punktami hyperboli. Podobnie znajdziemy dowolną ilość punktów hyperboli dla jednej i drugiej gałęzi.



rys. 25.

4. **Parabola.** α. (rys. 25)  $Ox$  — oś,  $s$  — wierzchołek,  $F$  — ognisko,  $OE$  — kierownica, więc  $OS = SF = \frac{p}{2}$ . Przez punkty  $C_1, C_2, C_3, \dots$  dowolnie wyznaczone na osi  $Ox$  przeciągamy proste  $A_1B_1, A_2B_2, \dots$   $\perp$  do  $Ox$ ; z ogniska  $F$  zataczamy koła o promieniach  $oc_1, oc_2, oc_3, \dots$  punkty przecięcia się tych kół i odpowiednich prostych  $A_1B_1, A_2B_2, \dots$  będą punktami paraboli.

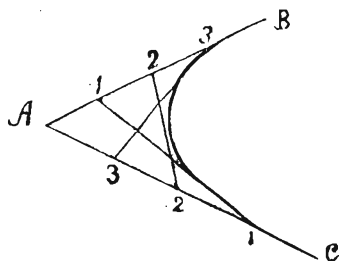
β. Są dane (rys. 26): wierzchołek  $A$ , kierunek osi  $Ao$  i punkt  $P$  paraboli; przeprowadzamy  $DP \parallel AO$ ,  $AD \perp AO$ ,



rys. 26.

podzielamy  $DP$  i  $AD$  na jednakową ilość równych części, punkty podziału linii  $DP$  łączymy z wierzchołkiem i przeprowadzamy proste — 1 I; 2 II; 3 III  $\parallel AO$ ; przecięcia się jednakowo zanumerowanych linii są punktami paraboli.

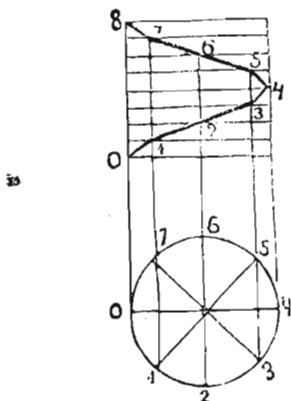
γ. Podane (rys. 27): styczne  $AB$  i  $AC$  i punkty styczności  $B$  i  $C$ . Dzielimy  $AB$  i  $AC$  na jednakową ilość



rys. 27.

równych części, łączymy jednakowo zanumerowane punkty i otrzymujemy styczne do paraboli, tworzące linię owijającą (enveloppe).

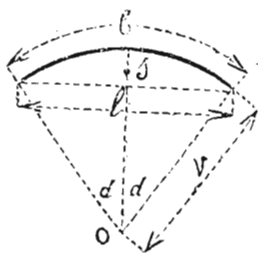
5. Linja gwintu walcowego (rys. 28). Przy ruchu jednostajnie postępowym punktu po tworzącej walca o przekroju kołowym



rys. 28.

i przy jednoczesnym jednostajnym obracaniu walca na około osi, punkt ten zakresław w przestrzeni linję gwintu; sposób wykreślenia krzywej wskazany na rysunku.

## 16. ŚRODKI CIĘŻKOŚCI LINJI, POWIERZCHNI I CIAŁ.



rys. 29.

Łuk kołowy (rys. 29):

$$os = r \frac{l}{b}$$

$$\text{Łuk półkola: } os = \frac{2r}{\pi} = 0,636r.$$

$$\text{Łuk } \frac{1}{4} \text{ koła: } os = \frac{2r}{\pi} \cdot \frac{1}{2} = 0,900r.$$

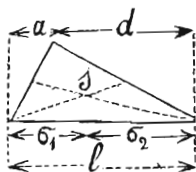
$$\text{Łuk } \frac{1}{6} \text{ części koła: } os = \frac{3r}{\pi} = 0,955r.$$



rys. 30.

Pole trójkąta (rys. 30).

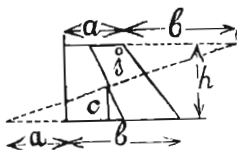
$$ds = \frac{1}{3} cd; ad = db.$$



rys. 31.

Rzut środka ciężkości trójkąta na podstawę (rys. 31):

$$a' = \frac{l + a}{3}; \quad d'' = \frac{l + d}{3}.$$

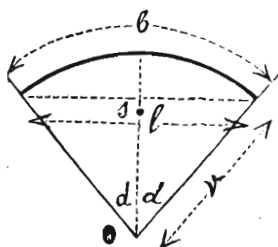


rys. 32.

Pole trapeza (rys. 32):

$$os = \frac{a + 2b}{a + b} \cdot \frac{h}{3}$$

$$cs = \frac{2a + b}{a + b} \cdot \frac{h}{3}$$



rys. 33.

Pole wycinka kołowego (rys. 33):

$$os = \frac{2}{3} \cdot \frac{r \cdot l}{b}$$



rys. 34.

Pole półkola (rys. 34):

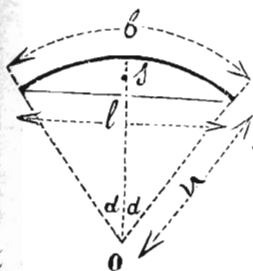
$$os = \frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi} = 0,424 \cdot r$$

Pole  $\frac{1}{4}$  koła:

$$os = r \cdot \frac{4 \sqrt{2}}{3\pi} = 0,600 \cdot r.$$

Pole  $\frac{1}{6}$  cz. koła:

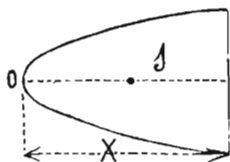
$$os = \frac{2}{\pi} \cdot r = 0,636 \cdot r.$$



rys. 35.

Pole odcinka kołowego  
(rys. 35):

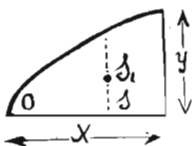
$$os = \frac{l^3}{12F}; F — \text{pole odcinka.}$$



rys. 36.

Pole odcinka paraboli:  
(rys. 36).

$$os = \frac{3}{5} \cdot x.$$



rys. 37.

$$(\text{rys. 37}): os = \frac{3}{8} \cdot y.$$

Ostrosłup i stożek: środek ciężkości mieści się na osi, dla powierzchni, w odległości  $\frac{1}{3}$  od podstawy, dla objętości, w odległości  $\frac{1}{4}$  od podstawy.

Odcinek kuli; rys. 35 — objętość —  $os = \frac{3}{4} \cdot \frac{(2r - h)^2}{3r - h}$ ,  
gdzie  $r$  — promień kuli,  $h$  — wysokość (strzałka) odcinka kuli.

Wycinek kuli rys. 33 — objętość —  $os = \frac{3}{4} \cdot \left(r - \frac{h}{2}\right) =$   
 $= \frac{3}{4} \cdot r \cdot (1 + \cos \alpha)$ , gdzie  $r$  — promień kuli,  $h$  — wysokość od-  
cinka kuli,  $2\alpha$  — kąt środkowy.



## 17. MIARY i WAGI.

## a. Tabela № 14.

Przyjęte skróty.

|                     |     |                     |     |
|---------------------|-----|---------------------|-----|
| Kilogram . . . . .  | kg. | Milimetr . . . . .  | mm  |
| Tonna . . . . .     | t.  | Litr . . . . .      | l.  |
| Gram . . . . .      | g.  | Hektolitr . . . . . | hl. |
| Kilometr . . . . .  | km. | Ar . . . . .        | a.  |
| Metr . . . . .      | m.  | Hektar . . . . .    | ha  |
| Decymetr . . . . .  | dm. | Kilogramometr . . . | kgm |
| Centymetr . . . . . | cm. |                     |     |

Kilogram na 1 centymetr kwadratowy . . . . . kg./cm.<sup>2</sup>

Kilogram na 1 metr bieżący . . . . . kg./m.

Kilogram na 1 metr kwadratowy . . . . . kg./m.<sup>2</sup>Kilogramów w 1 metrze sześciennym . . . . . kg./m.<sup>3</sup>

## b. Miary długości (linijne).

1 km. = 1000 m. = 0,9374 wiorsty = 468,69 sążn. = 0,621371  
mili angielskiej.1 m. = 10 dm. = 100 cm. = 1000 mm. = 0,46869 sążn. =  
= 3,28084 stop.

1 dm. = 10 cm. = 100 mm. = 0,328084 st. = 3,93701 cala.

1 mila geograficzna =  $\frac{1}{60}$  stopnia równika = 7,4217 km. =  
= 6,9569 w.1 mila morska =  $\frac{1}{1800}$  stopnia równika =  $\frac{1}{10}$  mili geograf. =  
= 1,8522 km.

## c. Miary kwadratowe.

1 km.<sup>2</sup> = 100 ha. = 0,878687 wiorst.<sup>2</sup> = 91,5299 dziesięc. =  
= 247,105 akr. (ang.).1 ha. = 100 a. = 10000 m.<sup>2</sup> = 0,915299 dzies. = 2,47105 akr. (ang.).1 a. = 100 m.<sup>2</sup> = 21,9672 sąż.<sup>2</sup> = 119,599 jardów<sup>2</sup>.

1 m.<sup>3</sup> = 100 dm.<sup>3</sup> = 0,219672 sąż.<sup>3</sup> = 10,7639 stóp.<sup>3</sup> = 1550 cali

1 dm.<sup>3</sup> = 100 cm.<sup>3</sup> = 15,5 cali<sup>3</sup>.

1 cm.<sup>3</sup> = 100 mm.<sup>3</sup> = 0,155 cali<sup>3</sup>.

#### d. Miary sześcienne.

1 m.<sup>3</sup> = 100 dm.<sup>3</sup> = 0,102958 sąż.<sup>3</sup> = 35,3147 stóp.<sup>3</sup>

1 dm.<sup>3</sup> = 1000 cm.<sup>3</sup> = 0,0353147 stóp.<sup>3</sup> = 61,0237 cali<sup>3</sup>.

1 cm.<sup>3</sup> = 1000 mm.<sup>3</sup> = 0,0610237 cali<sup>3</sup>.

1 hl. = 100 l. = 8,1305 wiadra.

1 l. = 0,081305 wiadra = 1,6291 butelek.

Litr mieści 1 kg. czystej wody przy + 4°C i przy ciśnieniu 760 mm. słupa rtęci, a równa się mniej więcej 1 dm.<sup>3</sup> czyli 0,001 m.<sup>3</sup>. Przy obliczeniach technicznych przyjmują zwykle 1 dm.<sup>3</sup> wody = 1 l. wody = 1 kg.; 1 m.<sup>3</sup> wody = 1 t. = 1000 kg.

#### e. Wagi.

1 t. metryczna = 1000 kg. = 61,048211 pud. = 2441,9284 funt =  
= 0,9842064 t. angielskich = 2204,6223 funt. angielsk.

1 centnar metr. = 100 kg. = 6,1048211 pud. = 1,9684128 centn. angielsk.

1 kg. = 1000 g. = 2,4419284 funt = 2,2046223 funt angielsk.

#### f. Miary nowo-polskie.

1. Linijne: 1 sąż. = 3 łokcia = 1,73 m.

1 łok. = 2 stopy = 0,576 m.

1 stopa = 12 cali = 0,288 m.

1 cal = 12 linji = 24 mm.

2. Miernicze: Sznur mierniczy = 10 prętów = 43,2 m.<sup>3</sup>

Pręt = 15 stóp = 10 pręcików = 4,32 m.

Morg = 300 prętów = 55,987 a.

Włoka = 30 morg. = 16,796 ha.

3. Wagi: Centnar = 100 funt. = 40,55 kg.

funt = 32 łota = 405,5 g.

4. Ciał sypkich: Korzec = 32 garnca = 1,28 hl.

garniec = 4 kwarty = 4 l.

kwarta = 1 l. = 4 kwaterki.

g. T a b e l a № 16, p o r ó w n a w c z a.  
Cale i millimetry.

| Cale | 0     | $\frac{1}{16}$ | $\frac{1}{8}$ | $\frac{3}{16}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{5}{16}$ | $\frac{3}{8}$ | $\frac{7}{16}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{9}{16}$ | $\frac{5}{8}$ | $\frac{11}{16}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{13}{16}$ | $\frac{7}{8}$ | $\frac{15}{16}$ |
|------|-------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 0    | 0,0   | 1,5            | 3,2           | 4,8            | 6,4           | 7,9            | 9,5           | 11,1           | 12,7          | 14,3           | 15,9          | 17,5            | 19,1          | 20,6            | 22,2          | 23,8            |
| 1    | 23,4  | 27,0           | 28,6          | 30,2           | 31,7          | 33,3           | 34,9          | 36,5           | 38,1          | 39,7           | 41,3          | 42,9            | 44,4          | 46,0            | 47,6          | 49,2            |
| 2    | 50,8  | 52,4           | 54,0          | 55,6           | 57,1          | 58,7           | 60,3          | 61,9           | 63,5          | 65,1           | 66,7          | 68,3            | 69,8          | 71,4            | 73,0          | 74,6            |
| 3    | 76,2  | 77,8           | 79,4          | 81,0           | 82,5          | 84,1           | 85,7          | 87,3           | 88,9          | 90,5           | 92,1          | 93,7            | 95,2          | 96,8            | 98,4          | 100,0           |
| 4    | 101,6 | 103,2          | 104,8         | 106,4          | 108,0         | 109,5          | 111,1         | 112,7          | 114,3         | 115,9          | 117,5         | 119,1           | 120,7         | 122,2           | 123,8         | 125,4           |
| 5    | 127,6 | 128,6          | 130,2         | 131,8          | 133,4         | 134,9          | 136,5         | 138,1          | 139,7         | 141,3          | 142,9         | 144,5           | 146,1         | 147,6           | 149,2         | 150,8           |
| 6    | 152,4 | 154,0          | 155,6         | 157,2          | 158,8         | 160,3          | 161,9         | 163,5          | 165,1         | 166,7          | 168,3         | 169,9           | 171,5         | 173,0           | 174,6         | 176,2           |
| 7    | 177,8 | 179,4          | 181,0         | 182,6          | 184,2         | 185,7          | 187,3         | 188,9          | 190,5         | 192,1          | 193,7         | 195,3           | 196,9         | 198,4           | 200,0         | 201,6           |
| 8    | 203,2 | 204,8          | 206,4         | 208,0          | 209,6         | 211,1          | 212,7         | 214,3          | 215,9         | 217,5          | 219,1         | 220,7           | 222,3         | 223,8           | 225,4         | 227,0           |
| 9    | 228,6 | 230,2          | 231,8         | 233,4          | 235,0         | 236,5          | 238,1         | 239,7          | 241,3         | 242,9          | 244,5         | 246,1           | 247,7         | 249,2           | 250,8         | 252,4           |
| 10   | 254,0 | 255,6          | 257,2         | 258,8          | 260,4         | 261,9          | 263,5         | 265,1          | 266,7         | 268,3          | 269,9         | 271,5           | 273,1         | 274,6           | 276,2         | 277,8           |
| 11   | 279,4 | 281,0          | 282,6         | 284,2          | 285,7         | 287,3          | 288,9         | 290,5          | 292,1         | 293,7          | 295,3         | 296,9           | 298,4         | 300,0           | 301,6         | 303,2           |
| 12   | 304,8 | 306,4          | 308,0         | 309,6          | 311,1         | 312,7          | 314,3         | 315,9          | 317,5         | 319,1          | 320,7         | 322,3           | 323,8         | 325,4           | 327,0         | 328,6           |
| 13   | 330,2 | 331,8          | 333,4         | 335,0          | 336,5         | 338,1          | 339,7         | 341,3          | 342,9         | 344,5          | 346,1         | 347,7           | 349,2         | 350,8           | 352,4         | 354,0           |
| 14   | 355,6 | 357,2          | 358,8         | 360,4          | 361,9         | 363,5          | 365,1         | 366,7          | 368,3         | 369,9          | 371,5         | 373,1           | 374,6         | 376,2           | 377,8         | 379,4           |
| 15   | 381,0 | 382,6          | 384,2         | 385,8          | 387,3         | 388,9          | 390,5         | 392,1          | 393,7         | 395,3          | 396,9         | 398,5           | 400,0         | 401,6           | 403,2         | 404,8           |
| 16   | 406,4 | 408,0          | 409,6         | 411,2          | 412,7         | 414,3          | 415,9         | 417,5          | 419,1         | 420,7          | 422,3         | 423,9           | 425,4         | 427,0           | 428,6         | 430,2           |
| 17   | 431,8 | 433,4          | 435,0         | 436,6          | 438,1         | 439,7          | 441,3         | 442,9          | 444,5         | 446,1          | 447,7         | 449,3           | 450,8         | 452,4           | 454,0         | 455,6           |
| 18   | 457,2 | 458,8          | 460,4         | 462,0          | 463,5         | 465,1          | 466,7         | 468,3          | 469,9         | 471,5          | 473,1         | 474,7           | 476,2         | 477,8           | 479,4         | 481,0           |
| 19   | 482,6 | 484,2          | 485,8         | 487,4          | 488,9         | 490,5          | 492,1         | 493,7          | 495,3         | 496,9          | 498,5         | 500,1           | 501,6         | 503,2           | 504,8         | 506,4           |
| 20   | 508,0 | 509,6          | 511,2         | 512,8          | 514,3         | 515,9          | 517,5         | 519,1          | 520,7         | 522,3          | 523,9         | 525,5           | 527,0         | 528,6           | 530,2         | 531,8           |
| 21   | 538,4 | 539,0          | 539,6         | 538,2          | 539,7         | 541,3          | 542,9         | 544,5          | 546,1         | 547,7          | 549,3         | 550,9           | 552,4         | 554,0           | 555,6         | 557,2           |
| 22   | 558,8 | 560,4          | 562,0         | 563,6          | 565,1         | 566,7          | 568,3         | 569,9          | 571,5         | 573,1          | 574,7         | 576,3           | 577,8         | 579,4           | 581,0         | 582,6           |
| 23   | 584,2 | 585,8          | 587,4         | 589,0          | 590,5         | 592,1          | 593,7         | 595,3          | 596,9         | 598,5          | 600,1         | 601,7           | 603,2         | 604,8           | 606,4         | 608,0           |
| 24   | 609,6 | 611,2          | 612,8         | 614,4          | 615,9         | 617,5          | 619,1         | 620,7          | 622,3         | 623,9          | 625,5         | 627,1           | 628,6         | 630,2           | 631,8         | 633,4           |
| 25   | 635,0 | 636,6          | 638,2         | 639,8          | 641,3         | 642,9          | 644,5         | 646,1          | 647,7         | 649,3          | 650,9         | 652,5           | 654,0         | 655,6           | 657,2         | 658,8           |

millimetry.

## h. Tabela № 17, porównawcza:

Werszki, arszyny, metry.

| wersz-<br>ki | metry   | wersz-<br>ki | metry   | arszy-<br>ny | metry   | arszy-<br>ny | metry  |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|--------|
| 1/16         | 0,00278 | 2            | 0,08890 | 1            | 0,7192  | 17           | 12,090 |
| 1/8          | 0,00555 | 3            | 0,13335 | 2            | 1,4224  | 18           | 12,802 |
| 3/16         | 0,00833 | 4            | 0,17780 | 3            | 2,1336  | 19           | 13,513 |
| 1/4          | 0,01111 | 5            | 0,22225 | 4            | 2,8448  | 20           | 14,224 |
| 5/16         | 0,01388 | 6            | 0,26670 | 5            | 3,5560  | 21           | 14,935 |
| 3/8          | 0,01665 | 7            | 0,31115 | 6            | 4,2672  | 22           | 15,646 |
| 7/16         | 0,01942 | 8            | 0,35560 | 7            | 4,9784  | 23           | 16,357 |
| 1/2          | 0,02222 | 9            | 0,40005 | 8            | 5,6896  | 24           | 17,069 |
| 9/16         | 0,02497 | 10           | 0,44450 | 9            | 6,4008  | 25           | 17,780 |
| 5/8          | 0,02775 | 11           | 0,48805 | 10           | 7,1120  | 26           | 18,491 |
| 11/16        | 0,03052 | 12           | 0,53340 | 11           | 7,8232  | 27           | 19,202 |
| 3/4          | 0,03333 | 13           | 0,57785 | 12           | 8,5344  | 28           | 19,913 |
| 13/16        | 0,03607 | 14           | 0,62230 | 13           | 9,2456  | 29           | 20,625 |
| 7/8          | 0,03883 | 15           | 0,66675 | 14           | 9,9568  | 30           | 21,336 |
| 15/16        | 0,04162 | 16           | 0,71120 | 15           | 10,6680 | 31           | 22,047 |
| 1            | 0,04445 | —            | —       | 16           | 11,3790 | 32           | 22,758 |

## i. Tabela № 18, porównawcza.

Stopy i metry.

| Sto-<br>py | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0          | —      | 0,305  | 0,610  | 0,914  | 1,219  | 1,524  | 1,829  | 2,134  | 2,438  | 2,743  |
| 10         | 3,048  | 3,353  | 3,658  | 3,962  | 4,267  | 4,572  | 4,877  | 5,182  | 5,486  | 5,791  |
| 20         | 6,096  | 6,401  | 6,705  | 7,010  | 7,315  | 7,620  | 7,925  | 8,229  | 8,534  | 8,839  |
| 30         | 9,144  | 9,449  | 9,753  | 10,058 | 10,363 | 10,668 | 10,973 | 11,277 | 11,582 | 11,887 |
| 40         | 12,192 | 12,497 | 12,801 | 13,106 | 13,411 | 13,716 | 14,021 | 14,325 | 14,630 | 14,935 |
| 50         | 15,240 | 15,545 | 15,849 | 16,154 | 16,459 | 16,764 | 17,069 | 17,373 | 17,678 | 17,983 |
| 60         | 18,288 | 18,593 | 18,897 | 19,202 | 19,507 | 19,812 | 20,116 | 20,421 | 20,726 | 21,031 |
| 70         | 21,336 | 21,640 | 21,945 | 22,250 | 22,555 | 22,860 | 23,164 | 23,469 | 23,774 | 24,079 |
| 80         | 24,384 | 24,688 | 24,993 | 25,298 | 25,603 | 25,908 | 26,212 | 26,517 | 26,822 | 27,127 |
| 90         | 27,432 | 27,736 | 28,041 | 28,346 | 28,651 | 28,956 | 29,260 | 29,565 | 29,870 | 30,175 |

Metrów.

## k. Tabela № 19, porównawcza.

Sążnie i metry.

| Sąż-<br>nie | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0           | —       | 2,131   | 4,267   | 6,401   | 8,534   | 10,668  | 12,802  | 14,935  | 17,069  | 19,201  |
| 10          | 21,336  | 23,470  | 25,603  | 27,737  | 29,870  | 32,004  | 34,138  | 36,271  | 38,405  | 40,538  |
| 20          | 42,671  | 44,805  | 46,939  | 49,073  | 51,206  | 53,340  | 55,474  | 57,607  | 59,741  | 61,874  |
| 30          | 64,008  | 66,142  | 68,275  | 70,409  | 72,542  | 74,676  | 76,810  | 78,943  | 81,077  | 83,211  |
| 40          | 85,344  | 87,478  | 89,611  | 91,745  | 93,879  | 96,012  | 98,146  | 100,279 | 102,413 | 104,546 |
| 50          | 106,680 | 108,814 | 110,947 | 113,081 | 115,214 | 117,348 | 119,482 | 121,615 | 123,749 | 125,882 |
| 60          | 128,016 | 130,150 | 132,283 | 134,417 | 136,550 | 138,684 | 140,818 | 142,951 | 145,085 | 147,218 |
| 70          | 149,352 | 151,486 | 153,619 | 155,753 | 157,886 | 160,020 | 162,154 | 164,287 | 166,421 | 168,554 |
| 80          | 170,688 | 172,822 | 174,955 | 177,089 | 179,222 | 181,356 | 183,490 | 185,623 | 187,757 | 189,890 |
| 90          | 192,024 | 194,158 | 196,291 | 198,425 | 200,558 | 202,692 | 204,826 | 206,959 | 209,093 | 211,226 |

Metrów.

## l. Tabela № 20, porównawcza.

Hektary, dziesięciny, morgi, włóki.

| Hektary | Dziesię-<br>ciny | Morgi | Włóki   |
|---------|------------------|-------|---------|
| 1       | 0,915            | 1,786 | 1 włóka |
| 1093    | 1                | 1,951 | 1 włóka |
| 0,560   | 0,512            | 1     | 1 włóka |

## m. Tabela № 21, porównawcza.

Pudy, funty, kilogramy.

|           | 0  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P u d y   | 0  | —      | 16,381 | 32,762 | 49,143 | 65,524 | 81,906 | 98,287 | 114,67 | 131,05 |
|           | 10 | 163,81 | 180,19 | 196,57 | 212,96 | 229,34 | 245,72 | 262,10 | 278,48 | 294,86 |
|           | 20 | 327,62 | 344,00 | 360,39 | 376,77 | 393,15 | 409,53 | 425,91 | 442,29 | 458,67 |
|           | 30 | 491,43 | 507,82 | 524,20 | 540,58 | 556,96 | 573,34 | 589,72 | 606,10 | 622,48 |
|           | 40 | 655,25 | 671,63 | 688,01 | 704,39 | 720,77 | 737,15 | 753,53 | 769,91 | 786,29 |
|           | 50 | 819,06 | 835,44 | 851,82 | 868,20 | 884,58 | 900,96 | 917,34 | 933,72 | 950,11 |
|           | 60 | 982,87 | 999,25 | 1015,6 | 1032,0 | 1048,4 | 1064,8 | 1081,2 | 1097,5 | 1113,9 |
|           | 70 | 1146,7 | 1163,1 | 1179,4 | 1195,8 | 1212,2 | 1228,6 | 1245,0 | 1261,4 | 1277,7 |
|           | 80 | 1310,5 | 1326,9 | 1343,3 | 1359,6 | 1376,0 | 1392,4 | 1408,8 | 1425,2 | 1441,5 |
|           | 90 | 1474,3 | 1490,7 | 1507,1 | 1523,4 | 1539,8 | 1556,2 | 1572,6 | 1589,0 | 1605,4 |
| F u n t y | 0  | —      | 0,410  | 0,819  | 1,229  | 1,638  | 2,048  | 2,457  | 2,867  | 3,276  |
|           | 10 | 4,095  | 4,505  | 4,914  | 5,324  | 5,733  | 6,143  | 6,552  | 6,962  | 7,371  |
|           | 20 | 8,190  | 8,600  | 9,009  | 9,419  | 9,828  | 10,238 | 10,647 | 10,057 | 11,466 |
|           | 30 | 12,285 | 12,695 | 13,104 | 13,514 | 13,923 | 14,333 | 14,742 | 15,152 | 15,561 |
|           |    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Kilogramów

|           | 0  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |       |
|-----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kilogramy | 0  | —     | 0,061 | 0,122 | 0,183 | 0,244 | 0,305 | 0,366 | 0,427 | 0,489 | 0,550 |
|           | 10 | 0,610 | 0,672 | 0,733 | 0,794 | 0,855 | 0,916 | 0,977 | 1,038 | 1,099 | 1,160 |
|           | 20 | 1,221 | 1,282 | 1,343 | 1,404 | 1,465 | 1,526 | 1,587 | 1,648 | 1,700 | 1,770 |
|           | 30 | 1,832 | 1,893 | 1,954 | 2,015 | 2,076 | 2,137 | 2,198 | 2,259 | 2,320 | 2,381 |
|           | 40 | 2,442 | 2,503 | 2,564 | 2,623 | 2,686 | 2,747 | 2,808 | 2,869 | 2,931 | 2,992 |
|           | 50 | 3,053 | 3,114 | 3,175 | 3,236 | 3,297 | 3,358 | 3,419 | 3,480 | 3,541 | 3,602 |
|           | 60 | 3,663 | 3,724 | 3,785 | 3,846 | 3,907 | 3,968 | 4,029 | 4,090 | 4,151 | 4,213 |
|           | 70 | 4,274 | 4,335 | 4,396 | 4,457 | 4,518 | 4,579 | 4,640 | 4,701 | 4,762 | 4,823 |
|           | 80 | 4,884 | 4,945 | 5,006 | 5,067 | 5,128 | 5,189 | 5,250 | 5,311 | 5,372 | 5,433 |
|           | 90 | 5,494 | 5,555 | 5,616 | 5,678 | 5,739 | 5,799 | 5,860 | 5,921 | 5,982 | 6,044 |
|           | 0  | —     | 2,44  | 4,88  | 7,33  | 9,77  | 12,21 | 14,65 | 17,09 | 19,54 | 21,98 |
|           | 10 | 21,42 | 26,86 | 29,30 | 31,75 | 34,19 | 36,63 | 39,07 | 41,51 | 43,96 | 46,40 |
|           |    |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Funt. |

P u d y

100 pud. = 1638,05 kg.; 100 kg. = 6,1048 pud.; 20 kg. = 48,84 funt.

## n. Tabela № 22, porównawcza.

Kwadratowe: metry, sążnie, stopy.

| m <sup>2</sup> | Sążni <sup>2</sup> | Stóp <sup>2</sup> | Sążnie kw. | m <sup>2</sup> | Stóp <sup>2</sup> | Stopy <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | Sążni <sup>2</sup> |
|----------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 1              | 0,2197             | 10,764            | 1          | 4,552          | 49                | 1                  | 0,0929         | 0,0204             |
| 2              | 0,4394             | 21,528            | 2          | 9,104          | 98                | 2                  | 0,1858         | 0,0408             |
| 3              | 0,6591             | 32,292            | 3          | 13,656         | 147               | 3                  | 0,2787         | 0,0612             |
| 4              | 0,8788             | 43,056            | 4          | 18,208         | 196               | 4                  | 0,3716         | 0,0816             |
| 5              | 1,0985             | 53,821            | 5          | 22,761         | 245               | 5                  | 0,4645         | 0,1020             |
| 6              | 1,3182             | 64,585            | 6          | 27,313         | 294               | 6                  | 0,5574         | 0,1224             |
| 7              | 1,5379             | 75,349            | 7          | 31,865         | 343               | 7                  | 0,6503         | 0,1428             |
| 8              | 1,7576             | 86,113            | 8          | 36,417         | 392               | 8                  | 0,7432         | 0,1632             |
| 9              | 1,9773             | 96,877            | 9          | 40,970         | 441               | 9                  | 0,8361         | 0,1836             |

## o. Tabela № 23, porównawcza.

Sześcienne: metry, sążnie stopy.

| m <sup>3</sup> | Sążni <sup>3</sup> | Stóp <sup>3</sup> | Sąż. <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | Stóp <sup>3</sup> | Stopy <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | Sążni <sup>3</sup> |
|----------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 1              | 0,1030             | 35,32             | 1                 | 9,712          | 343               | 1                  | 0,0283         | 0,00291            |
| 2              | 0,2059             | 70,63             | 2                 | 19,425         | 686               | 2                  | 0,0566         | 0,00583            |
| 3              | 0,3089             | 105,95            | 3                 | 29,137         | 1029              | 3                  | 0,0849         | 0,00875            |
| 4              | 0,4118             | 141,26            | 4                 | 38,850         | 1372              | 4                  | 0,1132         | 0,01166            |
| 5              | 0,5148             | 176,58            | 5                 | 48,562         | 1715              | 5                  | 0,1415         | 0,01457            |
| 6              | 0,6178             | 211,89            | 6                 | 58,275         | 2058              | 6                  | 0,1698         | 0,01749            |
| 7              | 0,7207             | 247,21            | 7                 | 67,987         | 2401              | 7                  | 0,1981         | 0,02040            |
| 8              | 0,8237             | 282,52            | 8                 | 77,699         | 2744              | 8                  | 0,2264         | 0,02332            |
| 9              | 0,9266             | 317,84            | 9                 | 87,412         | 3087              | 9                  | 0,2547         | 0,02623            |

## p. Tabela № 24, porównawcza.

1. Pudry na cal<sup>2</sup> i kg./cm.<sup>2</sup>

| Pudów na 1 cal <sup>2</sup> . |        | Pudów<br>i cal <sup>2</sup> |        | 0      | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70 | 80 | 90 | } |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|----|---|
|                               |        |                             |        |        |        |        |        |        |        |        |    |    |    |   |
| 0                             | ~      | 25,391                      | 50,782 | 76,174 | 101,57 | 126,96 | 152,35 | 177,74 | 203,13 | 228,52 |    |    |    |   |
| 1                             | 2,539  | 27,930                      | 53,322 | 78,713 | 104,10 | 129,50 | 154,89 | 180,28 | 205,67 | 231,06 |    |    |    |   |
| 2                             | 5,078  | 30,469                      | 55,861 | 81,252 | 106,64 | 132,03 | 157,43 | 182,82 | 208,21 | 233,60 |    |    |    |   |
| 3                             | 7,617  | 33,009                      | 58,400 | 83,791 | 109,18 | 134,57 | 159,97 | 185,36 | 210,75 | 236,14 |    |    |    |   |
| 4                             | 10,156 | 35,548                      | 60,939 | 86,330 | 111,72 | 137,11 | 162,50 | 187,90 | 213,29 | 238,68 |    |    |    |   |
| 5                             | 12,696 | 38,087                      | 63,478 | 88,869 | 114,26 | 139,65 | 165,04 | 190,43 | 215,83 | 241,22 |    |    |    |   |
| 6                             | 15,235 | 40,626                      | 66,017 | 91,408 | 116,80 | 142,19 | 167,58 | 192,97 | 218,37 | 243,96 |    |    |    |   |
| 7                             | 17,774 | 43,165                      | 68,556 | 93,948 | 119,34 | 144,73 | 170,12 | 195,51 | 220,90 | 246,30 |    |    |    |   |
| 8                             | 20,313 | 45,704                      | 71,095 | 96,487 | 121,88 | 147,27 | 172,66 | 198,05 | 223,44 | 248,83 |    |    |    |   |
| 9                             | 22,852 | 48,243                      | 73,635 | 99,026 | 124,42 | 149,81 | 175,20 | 200,59 | 225,98 | 251,37 |    |    |    |   |

$$100 \text{ pud./cal.}^2 = 253,91 \text{ kg./cm.}^2$$

2. Kg./cm.<sup>2</sup> i pudry na cal<sup>2</sup>.

| kg./cm. <sup>2</sup> | kg./cm. <sup>2</sup> |       |        |        |        |        |        |        |        |        |                               | } |
|----------------------|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|---|
|                      | 0                    | 10    | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     | 80     | 90     |                               |   |
| 0                    | —                    | 3,938 | 7,877  | 11,815 | 15,753 | 19,692 | 23,630 | 27,569 | 31,507 | 35,445 | Pudów na 1 cal <sup>2</sup> . |   |
| 1                    | 0,394                | 4,332 | 8,271  | 12,209 | 16,147 | 20,080 | 24,024 | 27,962 | 31,901 | 35,839 |                               |   |
| 2                    | 0,788                | 4,724 | 8,664  | 12,603 | 16,541 | 20,479 | 24,418 | 28,356 | 32,295 | 36,233 |                               |   |
| 3                    | 1,182                | 5,120 | 9,058  | 12,997 | 16,935 | 20,873 | 24,812 | 28,750 | 32,688 | 36,627 |                               |   |
| 4                    | 1,575                | 5,514 | 9,452  | 13,390 | 17,329 | 21,267 | 25,206 | 29,144 | 33,082 | 37,021 |                               |   |
| 5                    | 1,969                | 5,908 | 9,846  | 13,784 | 17,723 | 21,661 | 25,599 | 29,538 | 33,476 | 37,414 |                               |   |
| 6                    | 2,363                | 6,301 | 10,240 | 14,178 | 18,116 | 22,055 | 25,993 | 29,932 | 33,870 | 37,808 |                               |   |
| 7                    | 2,757                | 6,695 | 10,634 | 14,572 | 18,510 | 22,449 | 26,387 | 30,325 | 34,264 | 38,202 |                               |   |
| 8                    | 3,151                | 7,089 | 11,027 | 14,966 | 18,904 | 22,843 | 26,781 | 30,719 | 34,658 | 38,596 |                               |   |
| 9                    | 3,545                | 7,482 | 11,421 | 15,360 | 19,298 | 23,236 | 27,175 | 31,113 | 35,051 | 38,990 |                               |   |

$$100 \text{ kg./cm.}^2 = 39,384 \text{ pud./cal.}^2$$

## r. Porównanie jednostek technicznych.

$$1 \text{ kg./m.} = 0,0186 \text{ pud./stóp.} = 0,13025 \text{ pud./sąż.}$$

$$1 \text{ pud./stóp.} = 53,8 \text{ kg./m.}$$

$$1 \text{ pud./sąż.} = 7,69 \text{ kg./m.}$$

$$1 \text{ kg./m.}^2 = 0,00567 \text{ pud./stóp.}^2 = 0,2779 \text{ pud./sążn.}^2$$

$$1 \text{ pud./stóp.}^2 = 176,33 \text{ kg./m.}^2$$

$$1 \text{ pud./sąż.}^2 = 3,5985 \text{ kg./m.}^2$$

$$1 \text{ kg./m.}^3 = 0,593 \text{ pud./sążn.}^3 = 0,001729 \text{ pud./stóp.}^3$$

1 pud./stóp.<sup>3</sup> = 578,36 kg./m.<sup>3</sup>

1 pud./sążn.<sup>3</sup> = 1,686 kg./m.<sup>3</sup>

1 l./sek. = 292,7 wiader/godz. = 2,119 stóp<sup>3</sup>/min. = 3,6 m.<sup>3</sup>/g

1 wiadro/godz. = 0,00724 stóp<sup>3</sup>/min. = 0,0002049 m.<sup>3</sup>/min.

1 cm.<sup>3</sup>/godz. = 0,001 m.<sup>3</sup>/godz. = 1 l./godz. = 0,0813 wiad./g.

Moment bezwładności: 1 cm.<sup>4</sup> = 0,024 cal.<sup>4</sup>; 1 cal.<sup>4</sup> = 41,62 cm.<sup>4</sup>

Moment wytrzymałości: 1 cm.<sup>3</sup> = 0,061 cal.<sup>3</sup>; 1 cal.<sup>3</sup> = 16,387 cm.<sup>3</sup>

Pole: 1 cm.<sup>2</sup> = 0,155 cal.<sup>2</sup>; 1 cal.<sup>2</sup> = 6,452 cm.<sup>2</sup>

100 kilowatów = 135,87 koni mech.

100 koni mech. = 73,60 K. W.

## 18. FIZYKA TECHNICZNA.

### a. Ciepło.

#### Spółczynniki rozszerzalności.

Spółczynnik rozszerzalności liniowej  $\alpha$  na 1° C.:

|                            |           |                       |                |
|----------------------------|-----------|-----------------------|----------------|
| beton . . . . .            | 0,0000135 | cynk . . . . .        | 0,000029       |
| żelazo, stal . . . . .     | 0,000012  | miedź . . . . .       | 0,000017       |
| szkło 0,000009 do 0,000006 |           | drzewo wzdłuż włókien |                |
|                            |           |                       | 0,00003—0,0001 |

Kwarc — wzdłuż osi kryształów 0,0000079

prostopadle do osi — 0,0000133.

Przyjmując rozszerzalność kwarcu wzdłuż osi za 1, rozszerzalność go prostopadła do osi będzie = 1,7, a rozszerzalność portland-cementu będzie = 1,4.

Spółczynnik rozszerzalności liniowej wody, przy krzepnięciu,  $\alpha = 0,035$ ; jeżeli spółczynnik sprężystości lodu przy ściskaniu  $E = 23450$  kg./cm.<sup>2</sup>, to ciśnienie wody na ścianki naczynia, przy krzepnięciu wody będzie,  $p = E \cdot \alpha = 23450 \cdot 0,035 = 820$  atm. = 820 kg./cm.<sup>2</sup>

Siła wytwarzająca się przy skróceniu lub wydłużeniu pręta przy zmianach temperatury od 0° do t°,  $p = \alpha \cdot E \cdot t \cdot \omega$ , gdzie:  $\alpha$  — spółcz. rozszerz. lin.,  $E$  — spółcz. sprężystości kg./cm.<sup>2</sup>,  $\omega$  — pole przekroju pręta w cm.<sup>2</sup>; naprzykł. dla żelaza:  $p = 24$  t.w. kg.



## 2. Spółczynniki ciepłoprzewodnictwa wewnętrznego.

Spółczynnikiem ciepłoprzewodnictwa wewnętrznego ( $\lambda$ ) nazywamy ilość ciepła, w kalorjach kilogramowych, przechodzącego w ciągu 1 godziny przez 1 m.<sup>2</sup> płyty 1 m, grubości i przy różnicy temperatury = 1° C. By otrzymać całkowitą stratę ciepła przez jakąkolwiek powierzchnię otuliny (izolacji), w przeciągu 1 godziny, należy spółcz. ciepłoprz. wewn. pomnożyć przez: grubość otuliny w m., powierzchnię otuliny w m.<sup>2</sup> i różnicę temperatury wewnątrz. i zewnątrz. w stopniach Celzyusza; rezultat otrzymamy w kolorjach kilogramowych.

## 3. Tabela № 26.

Spółczynniki  $\lambda$  ciepłoprzewodnictwa wewnętrznego według Nusset'a, Peklet'a, Lorenz'a, Gröber'a i inn.

### a. Metale.

|                        |         |                   |       |
|------------------------|---------|-------------------|-------|
| Srebro . . . . .       | 360—400 | Żelazo . . . . .  | 40—72 |
| Miedź . . . . .        | 260—396 | Mosiądz . . . . . | 50—60 |
| Glin (alum.) . . . . . | 175.—   | Stal . . . . .    | 20—50 |
| Cynk . . . . .         | 92—105  | Ołów . . . . .    | 26—30 |

### b. Materiały różne.

|   |                                                                                                        |               |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | Azbest, wagi 576 kg./m. <sup>3</sup> , przy 0°—<br>— 100° c . . . . .                                  | 0,13 do 0,17  |
| 2 | Azbest, wagi 576 kg./m. <sup>3</sup> , przy 150°—<br>— 600° c . . . . .                                | 0,175 — 0,21  |
| 3 | Beton składu 1:2:2, wytrzymały<br>1½ roku, wagi 2180 kg./m. <sup>3</sup> ,<br>przy 20°—23° c . . . . . | 0,65 — 0,66   |
| 4 | Beton żuźlowy, skład 1:9, waga<br>550 kg./m. <sup>3</sup> przy 20°—90° c . . . . .                     | 0,19          |
| 5 | Bawełna, waga 81 kg./m. <sup>3</sup> , przy 0°—<br>— 100° c . . . . .                                  | 0,047 — 0,059 |

|    |                                                                                 |               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 6  | Cement portlandzki, czysty, wytrzymany 1½ roku, przy temp. 35°C . . . . .       | 0,78          |
| 7  | Cegła wapienna, gruboziarniasta, przy 50° — 100°C . . . . .                     | 0,179         |
| 8  | Cegła wapienna, gruboziarniasta, przy 0° — 8°C . . . . .                        | 0,226         |
| 9  | Cegła wapienna, drobnoziarniasta, przy 77° — 100°C . . . . .                    | 0,39 — 0,665  |
| 10 | Cegła wapienna, drobnoziarniasta, przy 0° — 4°C . . . . .                       | 0,447         |
| 11 | Drzewo, jodła wzdłuż włókien . . . . .                                          | 0,17          |
| 12 | Drzewo, jodła wpoprzek włókien . . . . .                                        | 0,10          |
| 13 | Drzewo, sosna wzdłuż włókien . . . . .                                          | 0,108         |
| 14 | Drzewo sosna wpoprzek włókien . . . . .                                         | 0,032         |
| 15 | Drzewo, dąb wpoprzek przy 54° — 100°C . . . . .                                 | 0,125         |
| 16 | Drzewny popiół . . . . .                                                        | 0,06          |
| 17 | Drzewny węgiel w proszku . . . . .                                              | 0,08          |
| 18 | Flanela . . . . .                                                               | 0,0144        |
| 19 | Gips . . . . .                                                                  | 0,33 — 0,63   |
| 20 | Gлина wypalana . . . . .                                                        | 0,5 — 0,7     |
| 21 | Jedwab, waga 101 kg./m. <sup>2</sup> , przy 0° — 100°C . . . . .                | 0,038 — 0,051 |
| 22 | Kamień wapienny . . . . .                                                       | 0,7 — 2,1     |
| 23 | Kizelgur wagi 350 kg./m. <sup>2</sup> . . . . .                                 | 0,052 — 0,08  |
| 24 | Kizelgur prasowany, przy 65° — 100° . . . . .                                   | 0,203         |
| 25 | Kreda w proszku . . . . .                                                       | 0,09          |
| 26 | Korek w ziarnkach 3—5 mm. wagi 85 kg./m. <sup>2</sup> przy 20° — 60°C . . . . . | 0,042 — 0,05  |
| 27 | Korkowy proszek, wagi 161 kg./m. <sup>2</sup> , przy 0° — 200°C . . . . .       | 0,031 — 0,055 |
| 28 | Korkowe płyty, asfaltowane, wagi 200 kg./m. <sup>2</sup> przy 18°C . . . . .    | 0,061         |
| 29 | Karton przy 90° — 100°C . . . . .                                               | 0,081 — 0,086 |
| 30 | Lód . . . . .                                                                   | 0,8 — 2,00    |
| 31 | Mur z cegły, wagi 1850 kg./m. <sup>2</sup> przy 20° — 47°C . . . . .            | 0,35 — 0,38   |

|    |                                                                                                                      |                                |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 32 | Mur z cegły dziurawej, przy<br>20° — 59°C . . . . .                                                                  | 0,28 — 0,31                    |
| 33 | Marmur . . . . .                                                                                                     | 0,43 — 0,65                    |
| 34 | Papier . . . . .                                                                                                     | 0,034 — 0,043                  |
| 35 | Powietrze nieruchome, przy 0° —<br>— 400°C . . . . .                                                                 | 0,02 — 0,04                    |
| 36 | Powietrze nieruchome, przy temp. t°                                                                                  | $\lambda = 0,019(1 + 0,0023t)$ |
| 37 | Piasek krzemiony . . . . .                                                                                           | 0,27                           |
| 38 | Piasek rzeczny, zupełnie suchy,<br>wagi 1520 kg./m <sup>3</sup> . przy 20° —<br>— 160°C . . . . .                    | 0,28 — 0,33                    |
| 39 | Piaskowiec . . . . .                                                                                                 | 1,3                            |
| 40 | Puch . . . . .                                                                                                       | 0,04                           |
| 41 | Szkło . . . . .                                                                                                      | 0,35 — 0,88                    |
| 42 | Łupek . . . . .                                                                                                      | 0,29                           |
| 43 | Suberyt (masa korkowa) miękki,<br>przy 37° — 100°C . . . . .                                                         | 0,05 — 0,06                    |
| 44 | Suberyt (masa korkowa) twardy,<br>przy 45° — 100°C . . . . .                                                         | 0,125                          |
| 45 | Tektura smołowcowa . . . . .                                                                                         | 0,16                           |
| 46 | Tynk, zaprawy wapiennej, wytrzy-<br>many kilka miesięcy, wag.<br>1690 kg./m <sup>3</sup> , przy 18° — 20°C . . . . . | 0,68                           |
| 47 | Ruberoid, przy 84° — 100°C . . . . .                                                                                 | 0,135                          |
| 48 | Woda przy podgrzewaniu z wierz-<br>chu . . . . .                                                                     | 0,5                            |
| 49 | Wojłok . . . . .                                                                                                     | 0,031                          |
| 50 | Wetna, wagi 136 kg./m <sup>3</sup> , przy 0° —<br>100°C . . . . .                                                    | 0,033 — 0,05                   |
| 51 | Ziemia wilgotna, wagi 2040 kg./m <sup>3</sup>                                                                        | 0,5                            |
| 52 | Zaprawa cementowa przy 0° — 100°C                                                                                    | 0,495 — 0,676                  |
| 53 | Zaprawa cementowa o dużej ilość-<br>ci piasku (chuda), przy 69° —<br>— 100°C . . . . .                               | 0,359                          |
| 54 | Żwir, 3—8 cm. wielki, wagi 1850<br>kg./m <sup>3</sup> , suchy . . . . .                                              | 0,32 — 0,35                    |
|    | Według Norton'a, $\lambda$ dla betonów<br>składu = 1 port. cem.: 2 pias-<br>ku: 5 tłucz., ubijan., przy 35°C         | 0,78                           |
|    | 1 port. cem.: 2 piasku: 4 tłucz. nie-<br>ubij., przy 50°C . . . . .                                                  | 0,40 — 0,58                    |

|                                                                        |             |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1 port. cem. : 2 piasku : 4 żużłu, ubij. przy 50° C . . . . .          | 0,29        |
| 1 port. cem. : 2 piasku : 4 tłucznia, ubij. przy 200° — 1100°C . . . . | 0,76 — 1,04 |
| Według Bikare'a spółcz. ciepłoprz. betenu > . . . . .                  | 0,9         |

#### 4. Spółczynnik ciepłoprz. zewnętrzn. $\alpha$ .

Spółczynnikiem ciepłoprzewodnictwa zewnętrznego nazywamy ilość ciepła, w kalorjach kilogramowych, straconego, lub otrzymanego, przez płyn lub gaz przez 1 m. powierzchni w przeciągu 1 godziny przy różnicy temperatury = 1°C; spółczynnik ten zależy także od rodzaju i stanu płynu lub gazu.

Według doświadczeń Recknagel'a, wartości tego spółczynnika (włączając promieniowanie), dla niepolerowanej powierzchni i różnych prędkości ruchu powietrza, są następujące:

Przy prędkości ruchu powietrza w odległości 0,3 m. d ściany = : . . . . . 0 — 1 — 4,5 — 5,5 m./sek.  
spółczynnik ciepłoprz.  $\alpha$  = 6 — 20 — 30 — 36 jedn. ciepł.

#### 5. Spółczynnik ciepłoprzewodn. ogólny (k).

Dla ściany składającej się z  $n$  warstw grubości =  $e_1, e_2, \dots, e_n$ , dobrze przylegających jedna do drugiej, spółczynnik  $k$  otrzymamy posługując się wzorem.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n}.$$

Dla ściany z pionowym pustym kanałem, należy do prawej części powyższego wzoru dodać  $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$ ,

gdzie  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  — do dwóch wewn. powierzchni).

Ogólna strata ciepła określa się:

$W = F \cdot k \cdot (t_1^0 - t_2^0)$  jedn./ciepł. na 1 godz., gdzie:

$F$  — powierzchnia oddająca ciepło, w m.<sup>2</sup>;  $t_1^0$  — temp. wewn.,  
 $t_2^0$  — temp. zewn. w stopn. C.

## 6. Wartości współczyn. $k$ dla niektórych konstrukcji.

a. Mur betonowy:

grubość: 30—40—50—60—70—80—90—100—110—120 cm.

$k = 2,2—1,9—1,7—1,55—1,4—1,3—1,2—1,1—1,0—0,95$   
jedn. ciepł.

b. Mur z cegły:

grubość: 12—25—38—51—64—77—90—103—116 cm.

$k = 2,4—1,7—1,3—1,1—0,9—0,8—0,65—0,6—0,55—$   
jedn. ciepł.

c. Ściany żelbetowe, 4—6 cm. grube,  $k=3,00$  jed. ciepł.

„ „ 6—8 cm. grube,  $k=2,40$  „

d. Przepierzenia gips., 4—8 cm. grube,  $k=3,0—2,4—$

| K O N S T R U K C J A                                                                                | k dla   |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|
|                                                                                                      | podłogi | sufitu |
| Płyty betonowe, 10 cm. grube, pokryte linoleum, z dołu otynkowane . . .                              | 1,8     | 1,8    |
| Płyty betonowe, z pustakiem powietrzn. 10 cm. grube, z dołu otynkowane po siatce drucianej . . . . . | 0,6     | 1,2    |
| Strop masywny systemu Kleina . . . . .                                                               | 0,35    | 0,70   |
| Strop z pustaków syst. Westfal'a . . . . .                                                           | 0,90    | 1,25   |
| Strop płaski syst. Konen'a . . . . .                                                                 | 0,35    | 1,20   |
| Strop z belek syst. Siegwart'a . . . . .                                                             | 0,60    | 1,30   |

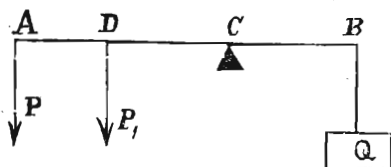
f. Dachy warstwiczne (holcementowe) bez otuliny,  
 $k = 1,32$ .

Dachy warstwiczne, z otuliną korkową,  $k=0,74-0,6$ .

Dachy betonowe, 8 cm. grube, kryte tekturą smółcową,  $k = 2,6$ .

Też samo lecz z otuliną korkową,  $k = 1,3$ .





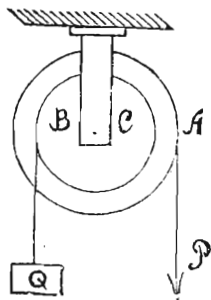
rys. 41.

δ. — rys. 41. —:

$$Q \cdot BC = P(AB - BC) + P_1(AB - BC - AD)$$

$$BC = \frac{P \cdot AB + P_1 \cdot AB - P_1 \cdot AD}{Q + P + P_1}$$

## 2. Bloki, wciągł, wciągł krotne.



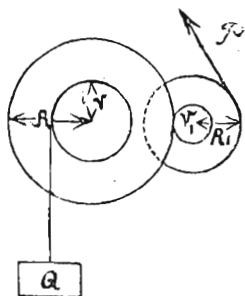
rys. 42.

α. — rys. 42:

$$P \cdot AC = Q \cdot BC.$$

$$P = \frac{BC}{AC} \cdot Q; Q = \frac{AC}{BC} \cdot P$$

$$BC = \frac{AC}{Q} \cdot P; AC = \frac{BC}{P} \cdot Q.$$

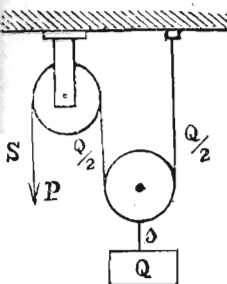


β. — rys. 43:

$$P \cdot R \cdot R_1 = Q \cdot r \cdot r_1.$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{r \cdot r_1}{R \cdot R_1}$$

rys. 43.



γ. — rys. 44.

Ilość bloków przesuwanych  $m=1$ ;  $s$  — droga przebyta przez  $Q$ ;  $S$  — droga przebyta przez  $P$ ;  $s = S:2$ ;  $P = Q:2$ ; przy  $m=n$ ;

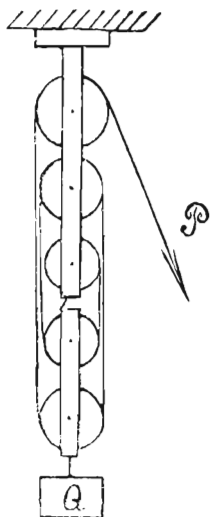
$$P:Q = 1n:2n; s = \frac{1}{2n} \cdot S.$$

rys. 44.

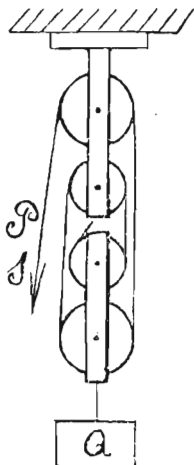
δ. — rys. 45:

Stałych bloków o jeden więcej, niż przesuwanych:  $Q=(2n+1) \cdot P$ .

$$P = \frac{Q}{2n+1}; s = \frac{1}{2n+1} \cdot S.$$



rys. 45.



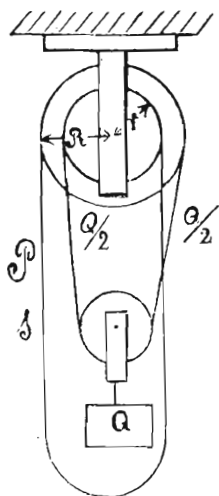
rys. 46.

— rys. 46.

Ilość stałych i przesuwanych bloków jednakowa;

$$Q = 2n \cdot P; P = \frac{1}{2n} \cdot Q; s = \frac{1}{2n} \cdot S.$$





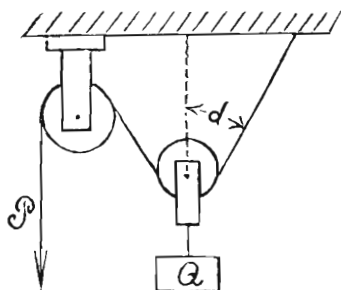
6. — rys. 47.

$$\frac{Q}{2} \cdot R = P \cdot R + \frac{Q}{2} \cdot r$$

$$P = \frac{R-r}{2R} \cdot Q; \quad Q = \frac{2R}{R-r} P.$$

$$\text{Droga przebyta: } s = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{r}{R}\right) \xi.$$

rys. 47.



rys. 48.

r. — rys. 48.

$$P : Q = 1 : 2 \cos \alpha; \quad P = \frac{Q}{2 \cos \alpha}; \quad Q = 2 P \cos \alpha$$



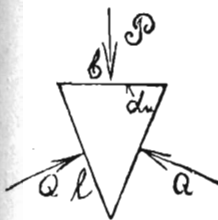
| N a z w a                                | Stan<br>powierzchni tarcia                                 | Spółczynnik tarcia     |                   |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------|
|                                          |                                                            | na począt-<br>ku ruchu | w czasie<br>ruchu |
| Żelazo lane:                             |                                                            |                        |                   |
| po żelazie lanem<br>lub bronzie . . .    | wilgotny, . . . .<br>słabo powleczo-<br>na tłuszczem . . . | —<br>0,16              | 0,31<br>0,15      |
| po dębie    . . .                        | suchy . . . . .<br>wilgotny . . . . .                      | 0,65<br>0,65           | 0,49<br>0,22      |
| Żelazo:                                  |                                                            |                        |                   |
| po żelazie . . .                         | suchy . . . . .<br>słabo powleczo-<br>na tłuszczem .       | —<br>0,13              | 0,40<br>—         |
| po żelazie lan. lub<br>bronzie . . . . . | suchy . . . . .                                            | 0,19                   | 0,15              |
| po dębie    . . .                        | wilgotny . . . . .<br>powlec. szmalc. .                    | 0,65<br>0,11           | 0,26<br>0,08      |
| Bronz:                                   |                                                            |                        |                   |
| po bronzie . . .                         | suchy . . . . .                                            | —                      | 0,20              |
| Stal:                                    |                                                            |                        |                   |
| po stali . . . . .                       | suchy . . . . .                                            | 0,15                   | —                 |
| po lodzie . . . . .                      | suchy . . . . .                                            | 0,027                  | 0,014             |
| Dąb:                                     |                                                            |                        |                   |
| po dębie {                               | . suchy . . . . .                                          | 0,62                   | 0,48              |
|                                          | + . suchy . . . . .                                        | 0,54                   | 0,34              |
|                                          | + . wilgotny . . . . .                                     | 0,71                   | 0,25              |
|                                          | ⊥ . suchy . . . . .                                        | 0,43                   | 0,19              |
| Kauczyk:                                 |                                                            |                        |                   |
| po drzewie lub<br>metal . . . . .        | suchy . . . . .                                            | 0,80                   | 0,5 do 0,6        |
| Metal:                                   |                                                            |                        |                   |
| po kamieniu . .                          | suchy . . . . .                                            | 0,50                   | 0,3 do 0,45       |
| Drzewo:                                  |                                                            |                        |                   |
| po kamieniu . .                          | suchy . . . . .                                            | 0,60                   | 0,3 do 0,5        |
| Mur kamienny:                            |                                                            |                        |                   |
| po twardym grun-<br>cie . . . . .        | suchy . . . . .                                            | 0,45 do 0,65           | —                 |
| po gruncie glin.                         | wilgotny . . . . .                                         | 0,3 do 0,4             | —                 |

Przy toczeniu się walca po powierzchni poziomej (roulement):

Żelazo po żelazie —  $f = 0,05$  do  $0,055$ .

Drzewo po drzewie  $f = 0,048$  do  $0,081$ .

### 5. Klin równoramienny; rys. 49a:



rys. 49a.

$P$  — siła czynna dla wbijania klina, działająca na powierzchnię  $b$  wzdłuż osi klina;  $Q$  opór (siła wypychająca klin), działający na każdą z bocznych powierzchni klina ( $l$ );

$$P = 2 Q (f \sin \alpha \pm \cos \alpha)$$

znaki  $+$  do wbijania,  $(-)$  do wyciągania klina.

6. Śruba o gwincie prostokątnym:  $P$  — siła czynna, obracająca śrubę;  $R$  — odległość punktu przyłożenia siły  $P$  od osi śruby (ramię);  $h$  — krok gwinta,  $r$  — średni promień gwinta,  $\alpha$  — kąt nachylenia,  $\tan \alpha = \frac{h}{2\pi r}$ ;  $f$  — współczynnik tarcia; przy długości gwintowanej części śruby  $= l$  i przy  $l : h =$

$$= m, \tan \alpha = \frac{mh}{2\pi r} = \frac{l}{2\pi r}; P = \frac{r \cdot (h \pm 2\pi \cdot r \cdot f)}{R (2\pi \cdot r \mp f h)} \cdot Q:$$

$$P = \frac{r \cdot (\tan \alpha \pm f)}{R \cdot (1 \mp f \tan \alpha)} \cdot Q \text{ lub } P = Q \cdot \frac{r}{R} \cdot \tan (\alpha \pm \varphi), \text{ gdzie gór-}$$

ne znaki ruch do góry, dolne — do dołu,  $\varphi$  — kąt tarcia,  $Q$  — ciśnienie działające wzdłuż osi.

### c. Ciśnienie hydrostatyczne.

Wskutek wężkości ciecz w każdym naczyniu, otwartym czy zamkniętym, poddana jest w całej swej masie ciśnieniu hydrostatycznemu, które udziela się również dnu i ścianom naczynia, oraz wszelkim ciałom zanurzonym w cieczy i działa zawsze prostopadłe (normalnie) do ich powierzchni, oznaczając przez:

$p$  — ciśnienie hydrostatyczne w jakimkolwiek punkcie cieczy jednorodnej,

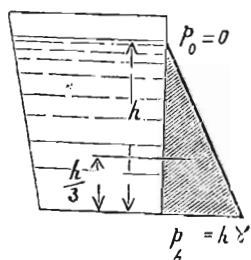
$\omega$  — ciśnienie działające na jednostkę pola swobodnej powierzchni cieczy

$\gamma$  — ciężar słupka cieczy o polu przekroju  $= 1$  (ciężar właściwy)

$h$  — wysokość (głębokość) zanurzenia podanego punktu (od swobodnej powierzchni cieczy), wówczas:

$p = \omega + \gamma \cdot h$ ; przy  $\omega = 0$ ,  $p = \gamma \cdot h$ . Ciśnienie  $P$  na płaską płytę o polu  $F$ , czyli suma ciśnień hydrostatycznych  $p$ , przypadających na pole  $F$ , przy  $\omega = 0$  będzie:  $P = F \cdot \gamma \cdot y$ ; gdzie:  $F \cdot \gamma$  — ciężar słupa cieczy o przekroju  $= F$ ,  $y$  — wysokość (odległość środka ciężkości płyty od swobodnej powierzchni cieczy).

Ciśnienie hydrostatyczne na jednostkę pola ścianki naczynia (rys. 50): na poziomie powierzchni t. j. przy  $h = 0$ ,



rys. 50.

$p_0 = 0$ ; na poziomie dna, przy głębokości  $h$ ,  $p_h = h \cdot \gamma$ .

Ciśnienie całkowite na ściankę boczną szerokości  $= 1$  m. przy głębokości cieczy  $h$ , będzie

$$P = \frac{p_0 + p_h}{2} \cdot 1 \cdot h = \frac{1}{2} h^2 \cdot \gamma$$

ciężar to przyłożone jest w odległości

$\frac{h}{3}$  naczynia (środek ciężkości). Ciężar

właściwy  $\gamma$  zimnej wody, czystej  $= 1$  t. j.  $1000 \text{ kg./m}^3$ , zamaczonej od 1,05 do 1,10 t. j. 1050 do  $1100 \text{ kg./m}^3$ , morskiej od 1,02 do 1,03 t. j. 1020 do  $1030 \text{ kg./m}^3$ .

Słup wody wysokości 10 m. wytwarza ciśnienie  $=$  jednej atmosfery metrycznej  $= 1 \text{ kg./cm}^2$  czyli  $10000 \text{ kg./m}^2$  (735,5 mm. słupa rtęci przy  $0^\circ\text{C}$ ). Jednej atmosferze starej (760 mm. słupa rtęci) odpowiada słup wody wysokości 10,33 m. Ciśnienie słupa wody wysokości 1 mm.  $= 1 \text{ kg./m}^2$ .

## 1. GAZY i PŁYNY.

a. Gęstość i waga gazów przy 0°C i ciśnieniu 760 mm. słupa rtęci.

| G A Z Y                                          | Gęstość | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Azot N <sub>2</sub> . . . . .                    | 0,968   | 1,251                       |
| Amoniak NH <sub>3</sub> . . . . .                | 0,588   | 0,760                       |
| Acetylen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> . . . . . | 0,899   | 1,162                       |
| Chlor Cl . . . . .                               | 2,450   | 3,166                       |
| Gaz świetlny . . . . .                           | 0,435   | 0,562                       |
| Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub> . . . . .       | 2,213   | 2,860                       |
| Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub> . . . . .        | 1,520   | 1,964                       |
| Metan CH <sub>4</sub> . . . . .                  | 0,554   | 0,716                       |
| Para wodna H <sub>2</sub> O . . . . .            | 0,622   | 0,804                       |
| <b>Powietrze suche</b> . . . . .                 | 1,000   | 1,293                       |
| Siarkowodór H <sub>2</sub> S . . . . .           | 1,178   | 1,522                       |
| Tlen O <sub>2</sub> . . . . .                    | 1,105   | 1,429                       |
| Tlenek węgla CO . . . . .                        | 0,967   | 1,250                       |
| Wodór H <sub>2</sub> . . . . .                   | 0,070   | 0,090                       |

Powietrze suche przy 0°C i 760 mm. słupa rtęci jest w 773 razy lżejsze od wody przy 4°C; co do objętości powietrze składa się: 21%, tlenu, i 79%, azotu; co do wagi 23%, tlenu i 77%, azotu.

## b. Waga płynów.

| P Ł Y N Y                      | Kg./m. <sup>3</sup>   t°C. | P Ł Y N Y                                     | Kg./m. <sup>3</sup>   t°C. |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| Alkohol bezwodn. . . . .       | 806 0                      | Żug sodowy 66% . . . . .                      | 1700 15                    |
| Anilina . . . . .              | 1035 0                     | Woda amoniakowa 9,8% . . . . .                | 960 —                      |
| WODA . . . . .                 | 1000 4                     | (NH <sub>4</sub> ) OH . . . . .               | 960 15                     |
| Gliceryna bezwodn. . . . .     | 1260 0                     | Kwas karbolowy nieoczyszcz. . . . .           | 1210 15                    |
| Dzięgieć . . . . .             | 1200 —                     | Kwas siarkowy . . . . .                       | 1890 15                    |
| Oliwa . . . . .                | 918 15                     | Sól kuchenna, rozczyn nasyc. . . . .          | 1210 17                    |
| Olej rzepakowy . . . . .       | 920 15                     | Sól kuchenna rozczyn 5% . . . . .             | 1035 18                    |
| Olej lniany gotowany . . . . . | 942 15                     | Sól kuchenna, rozczyn 25% . . . . .           | 1190 18                    |
| " " nlegotow. . . . .          | 930 —                      | Rtęć Hg . . . . .                             | 1359b 0                    |
| Olej makowy . . . . .          | 920 15                     | Spirytus drzewny CH <sub>3</sub> OH . . . . . | 800 —                      |
| Olej krezotowy . . . . .       | 1070 15                    | Terpentyna . . . . .                          | 873 16                     |
| Masło kokosowe . . . . .       | 930 15                     | Piwo . . . . .                                | 1023 —                     |
| Mleko . . . . .                | 1032 —                     |                                               | 1035 —                     |
| Tłuszcz . . . . . od           | 900                        |                                               |                            |
| do                             | 945 15                     |                                               |                            |
| Olej sosnowy . . . . .         | 860 15                     |                                               |                            |
| Żug potasowy 12% KOH . . . . . | 1100 15                    |                                               |                            |
| 63% . . . . .                  | 1700 15                    |                                               |                            |
| Żug sodowy 13% NaHO . . . . .  | 1150 15                    |                                               |                            |

## c. Objętość i gęstość wody.

| Temp.<br>t.° | Objętość | Gęstość | Temp.<br>t.° | Objętość | Gęstość |
|--------------|----------|---------|--------------|----------|---------|
| 0°C.         | 1,00013  | 0,99987 | 60           | 1,01705  | 0,98324 |
| 4—           | 1,00000  | 1,00000 | 80           | 1,02899  | 0,97183 |
| 15—          | 1,00087  | 0,99913 | 100          | 1,04343  | 0,95838 |
| 20—          | 1,00177  | 0,99823 | 150          | 1,09020  | 0,91730 |
| 30—          | 1,00435  | 0,99567 | 200          | 1,15900  | 0,86280 |
| 40—          | 1,00782  | 0,99224 | 250          | 1,25900  | 0,79400 |
| 50—          | 1,01207  | 0,98807 | 300          | 1,42000  | 0,70000 |

Gęstość wody morskiej przy 15°C. — 1,02 do 1,03.

Objętość i waga wody zwykłej przy 4°C.:

1 m.<sup>3</sup> = 1 t. = 1000 l. = 81,296 wiad. = 61 pud.

1 l. = 1 kg. = 61,0305 cal.<sup>3</sup> = 2,442 funta.

## d. R o p a.

1. Gęstość (cięż. właśc.) produktów ropowych przy 15°C.  
(według danych Tow. Br. Nobel).

|                             |              |                                                  |                |
|-----------------------------|--------------|--------------------------------------------------|----------------|
| Ropa . . .                  | do 0,885     | Wazelina . .                                     | 0,891—0,893    |
| Benzyna lek-<br>ka . . .    | 0,7 do 0,72  | Olej do ma-<br>szyn lekki .                      | 0,900—0,905    |
| Benzyna cięż-<br>ka . . .   | do 0,725     | Olej do ma-<br>szyn ciężki .                     | do 0,914       |
| Benzyna śre-<br>dnia . . .  | 0,72 do 0,73 | Olej do ma-<br>szyn zwykły                       | 0,905 do 0,912 |
| Gazolina . .                | do 0,735     | Olej cylindro-<br>wy . . . .                     | 0,912 do 0,920 |
| Nafta zwykła                | do 0,826     | Mazut (resztki<br>destylacji ro-<br>powej) . . . | 0,89—0,93      |
| Pironafta . .               | do 0,860     | Gudron . . .                                     | 0,93—0,95      |
| Olej solaro-<br>wy lekki .  | 0,878—0,882  |                                                  |                |
| Olej solaro-<br>wy ciężki . | 0,891—0,893  |                                                  |                |

Przy destylacji ropy otrzymują się następujące ilości produktów: benzyny koło—0,37%, gazoliny — 1,7%, nafty — 32,76%, pironafty—1,86%, mazutu — 62%, straty przy destylacji koło 1,31%. Przy destylacji mazutu otrzymuje się: olejów — 29,93%, olejów dosmarowania maszyn — 31,34%, smarów cylindrowych — 0,66%, nigrolu i wiskosyny 1,85%, gudronu 34,61%, straty przy destylacji — 1,61%.

Gęstość mazutu wykazana przez areometr nie powinna być wyższą nad 0,912 przy 17 $\frac{1}{2}$ °C. Temperatura zapalania nie niżej 70°C. i nie wyżej 150°C.

Gęstość benzyny amerykańskiej — „Pratt's — 0,697, ropy i nafty — 0,797.

2. Objętość i waga ropy kaukazkiej—870 kg./m. .

## 20. MATERJAŁY BUDOWLANE.

### C Z Ę Ś Ć A.

#### a. Waga materiałów.

| MATERJAŁY               | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> | MATERJAŁY            | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| <b>1. Metale.</b>       |                             | <b>2. Drzewo</b>     |                             |
| Bronz . . . . .         | 8600                        | (w stanie półsuchym) |                             |
| Cyna walcowana          | 7400                        |                      |                             |
| Mosiądz . . . . .       | 8550                        | Brzoza . . . . .     | 710                         |
| Miedź . . . . .         | 8900                        | Buk . . . . .        | 770                         |
| Cynk walcowany          | 7200                        | Dąb . . . . .        | 700—860                     |
| „ zlewny . . . . .      | 7000                        | Jodła . . . . .      | 500—600                     |
| Olów . . . . .          | 11370                       | Jesion . . . . .     | 690                         |
| Stal zlewna . . . . .   | 7860                        | Klon . . . . .       | 700                         |
| Żelazo lane . . . . .   | 7200                        | Lipa . . . . .       | 575—580                     |
| Żelazo zlewne . . . . . | 7850                        | Olcha . . . . .      | 670                         |



| MATERJAŁY                                  | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> | MATERJAŁY                            | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Drzewo orzechowe . . . . .                 | 600--810                    | Kamień polny,<br>gruby . . . . .     | 2280                        |
| Osina . . . . .                            | 430                         | Kamień polny,<br>średni . . . . .    | 2100                        |
| Sosna . . . . .                            | 550--650                    | Kamień polny,<br>drobny . . . . .    | 1860                        |
| Topola . . . . .                           | 490                         | Kamień młyński . . . . .             | 2480                        |
| Wiąz . . . . .                             | 620                         | Kreda w kawał-<br>kach . . . . .     | 1280                        |
| <b>3. Materiały ka-<br/>mienne.</b>        |                             | Mur z cegły peł-<br>nej . . . . .    | 1600                        |
| Beton z tłuczni-<br>a (szabru):            |                             | Mur z cegły dziu-<br>rawej . . . . . | 1300                        |
| granit . . . . .                           | 2400                        | Mur z klinkieru . . . . .            | 1900                        |
| wapienn. . . . .                           | 2200                        | „ z wapniaku . . . . .               | 2300                        |
| ceglanego . . . . .                        | 1800                        | „ z kamienia<br>polnego . . . . .    | 2400                        |
| Beton ze żwiru . . . . .                   | 2200                        | Mur z piaskowca . . . . .            | 2200                        |
| „ z żużli . . . . .                        | 1500                        | „ z granitu,<br>marm. . . . .        | 2700                        |
| Cegła pełna do-<br>brze wypalona . . . . . | 1620                        | Puzzolana natu-<br>ralna . . . . .   | 1150--1230                  |
| Cegła dziurowa . . . . .                   | 1200                        | Piaskowiec . . . . .                 | 2300--2500                  |
| Cement portl. . . . .                      | 1445                        |                                      |                             |
| „ romański . . . . .                       | 1040                        |                                      |                             |
| Dachówka . . . . .                         | 1020--1115                  |                                      |                             |
| Gips zlewny . . . . .                      | 1000                        |                                      |                             |
| Granit . . . . .                           | 2700                        |                                      |                             |

| MATERJAŁY                                             | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> | MATERJAŁY                                            | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Łupek . . . .                                         | 2700                        | Glina w stanie<br>luźnym . . .                       | 1350—1540                   |
| Tłuczeń z kam.<br>polowego . .                        | 1860                        | Glina z kamyka-<br>mi w stanie<br>zwartym . . .      | 2300—2700                   |
| Tłuczeń z cegły .                                     | 1180                        | Grunt piaszczy-<br>sto gliniasty, u-<br>bity . . . . | 2520—2700                   |
| Tras holenderski                                      | 1070—1085                   | Grunt kamienisty                                     | 1860—2330                   |
| Wapniak . . .                                         | 2000—2680                   | Darnina . . . .                                      | 1350                        |
| Wapno niegaszo-<br>ne . . . . .                       | 800—930                     | II w stanie pół-<br>płynnym . . .                    | 1220                        |
| Wapno gaszone<br>w proszek . .                        | 510—810                     | II w stanie su-<br>chym i ubitym                     | 1640                        |
| Wapno gaszone<br>(ciasto) . . .                       | 1320—1420                   | Piasek czysty,<br>suchy . . . .                      | 1370—1620                   |
| Zaprawa wapien-<br>na składu 1 : 2<br>i 1 : 3 . . . . | 1640—1940                   | Piasek wilgotny .                                    | 1430—1940                   |
| Ziemia Santoryń-<br>ska . . . . .                     | 1010                        | Piasek kopalnia-<br>ny z domieszką<br>gliny . . . .  | 1690—1770                   |
| Zaprawa cemen-<br>towa . . . . .                      | 2000                        | Piasek rzeczny,<br>wilgotny . . .                    | 1770—1860                   |
| <b>4. Grunta.</b>                                     |                             | Piasek mokry .                                       | 1950—2050                   |
| Czarnoziem . .                                        | 810—845                     |                                                      |                             |
| Glina w stanie<br>zwartym . . .                       | 1690—1935                   |                                                      |                             |

| MATERJAŁY                                                         | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> | MATERJAŁY                                                  | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Ziemia roślinna<br>w stanie zwar-<br>tym . . . . .                | 1520                        | Ziemia z kamy-<br>kami i domie-<br>szką dużych<br>kamieni: |                             |
| Ziemia roślinna<br>w stanie luź-<br>nym . . . . .                 | 1140                        | w stanie zwar-<br>tym . . . . .                            | 1650—2300                   |
| Ziemia torfowa .                                                  | 510—800                     | w stanie luź-<br>nym . . . . .                             | 1390—1960                   |
| Ziemia gliniasta<br>w stanie zwar-<br>tym . . . . .               | 1600                        | Ziemia ogrodowa<br>w stanie wilgo-<br>tnym . . . . .       | 2050                        |
| Ziemia gliniasta<br>w stanie luź-<br>nym . . . . .                | 1375                        | Ziemia ogrodo-<br>wa, sucha . .                            | 1620                        |
| Ziemia z pia-<br>skiem lub zwi-<br>rem, w stanie<br>zwartym . . . | 1860                        | <b>5. Paliwo.</b>                                          |                             |
| luźnym . . .                                                      | 1540                        | Antracyt . . .                                             | 910—990                     |
| Ziemia z kamy-<br>kami:                                           |                             | Drzewo brzozo-<br>we i olchowe,                            |                             |
| w stanie zwar-<br>tym . . . . .                                   | 1600—1910                   | roczne . . .                                               | 500                         |
| w stanie luź-<br>nym . . . . .                                    | 1350—1640                   | wilgotne (świe-<br>że) . . . . .                           | 630                         |
|                                                                   |                             | Drzewo iglaste,<br>roczne . . .                            | 380                         |
|                                                                   |                             | Wilgotne (świeże)                                          | 460                         |

| MATERJAŁY                                          | Waga<br>kg./m <sup>3</sup> . | MATERJAŁY                            | Waga<br>kg./m <sup>3</sup> . |
|----------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Koks . . . . .                                     | 400—1000                     | Groch. . . . .                       | 850                          |
| Koks torfowy . . . . .                             | 275                          | Gruz budowlany . . . . .             | 1400                         |
| Mazut . . . . .                                    | 900—915                      | Żyto . . . . .                       | 700                          |
| Torf suchy . . . . .                               | 325—400                      | Jabłka, śliwki,<br>gruszki . . . . . | 350                          |
| Torf wilgotny . . . . .                            | 550—650                      | Karton azbesto-<br>wy . . . . .      | 1120                         |
| Węgiel kamienny . . . . .                          | 740—960                      | Ziemiaki (karto-<br>fle) . . . . .   | 780                          |
| „ brunatny. . . . .                                | 780                          | Gryka . . . . .                      | 620                          |
| Węgiel drzewny,<br>z miękkiego<br>drzewa . . . . . | 120—200                      | Książki . . . . .                    | 850                          |
| Węgiel drzewny<br>z twardego<br>drzewa . . . . .   | 230—250                      | Kasza . . . . .                      | 650                          |
| <b>6. Materiały<br/>różne.</b>                     |                              | Ksyłolit . . . . .                   | 1400                         |
| Asfalt czysty . . . . .                            | 1100                         | Koniczyna . . . . .                  | 820                          |
| „ zlewny . . . . .                                 | 1200                         | Jęczmień . . . . .                   | 640—700                      |
| Asfalt zlewny ze<br>żwirem . . . . .               | 2100                         | Lód . . . . .                        | 920                          |
| Asfalt ubijany . . . . .                           | 2040                         | Linoleum . . . . .                   | 1200                         |
| Cukier w wor-<br>kach . . . . .                    | 825                          | Mech . . . . .                       | 140                          |
| Cukier kryształ . . . . .                          | 950                          | Mąka . . . . .                       | 700                          |
|                                                    |                              | Nawóz . . . . .                      | 900                          |
|                                                    |                              | Owies . . . . .                      | 500                          |
|                                                    |                              | Papier . . . . .                     | 1100                         |
|                                                    |                              | Proso . . . . .                      | 850                          |
|                                                    |                              | Płyty korkowe . . . . .              | 250—300                      |

| MATERJAŁY        | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> | MATERJAŁY       | Waga<br>kg./m. <sup>3</sup> |
|------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Pszenica . . . . | 780                         | Szkło . . . . . | 2600                        |
| Rzepak . . . . . | 520                         | Sfagnum . . . . | 148                         |
| Śmiecie świeże . | 600                         | Siano . . . . . | 100                         |
| „ zleżale .      | 1200                        | Słoma . . . . . | 100                         |
| Smola gęsta . .  | 1160                        | Sól kuchenna w  |                             |
| „ płynna .       | 885                         | beczkach . .    | 800                         |
| Śnieg świeży . . | 125                         | Trawa . . . . . | 350                         |
| „ mokry . .      | 200—800                     |                 |                             |

**U w a g a:** W razie przechowywania materiałów sypkich w workach, dla tych materiałów waga 1 m.<sup>3</sup> wykazana w tabeli winna być zmniejszoną o 20%

### b. Budulec.

Do budowy używa się sosna, jodła, świerk i, w mniejszych ilościach, dąb, buk i jesion. Budulec sosnowy winien pochodzić od dojrzałego i zdrowego drzewa z małą ilością sęków; najlepszy budulec otrzymuje się z dolnej części drzewa; różnica w wymiarach górnego i dolnego sztorców nie powinna być większą nad 7 mm. na 1 m. długości. Budulec z mięszem sinym lub grubym, pokrecony, pęknięty wzdłuż więcej nad  $\frac{1}{4}$  długości, uszkodzony przez robactwo, pochodzący z lasów zarażonych przez grzyb, o spróchniałych sękach, niepowinien używać się do robót dla stałych części budynku. Deski stolarskie winny być bez sęków lub mieć ich bardzo mało; deska winna być jednakowo grubą i szeroką przez całą swą długość, być zdrową, nie popękaną lub rozczepioną, mieć kolor czerwony, ustrój drobny, długość co najmniej 6 m. b. Deski ciesielskie mogą mieć więcej sęków, ale zdrowych, mogą być nie tak dokładnie okantowane, lub zupełnie nie kantowane, bezwarunkowo winne być zdrowe i pochodzić od zdrowego drzewa.

**1. Waga 1 m. b. deski sosnowej, kantowanej, pół suchej (wytrzymanej na powietrzu 2—3 lata) w kg.**

| Grubość deski w mm.       | 15   | 25   | 40   | 50   | 65    | 75    |
|---------------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| Waga przy szerok. 175 mm. | 1,70 | 2,84 | 4,54 | 5,67 | 7,37  | 8,52  |
| „ „ „ 200 mm.             | 1,94 | 3,23 | 5,18 | 6,47 | 8,41  | 9,70  |
| „ „ „ 225 mm.             | 2,18 | 3,64 | 5,82 | 7,27 | 9,45  | 10,91 |
| „ „ „ 250 mm.             | 2,43 | 4,05 | 6,48 | 8,10 | 10,53 | 12,15 |
| „ „ „ 275 mm.             | 2,67 | 4,45 | 7,12 | 8,90 | 11,57 | 13,35 |
| „ „ „ 300 mm.             | 2,91 | 4,85 | 7,76 | 9,70 | 12,61 | 14,55 |

**Uwaga:** Deski półkantowane o 5%, nie kantowane o 10% lżejsze.

Waga łat określa się według wagi desek; naprz., waga 1 m. b.łaty 75×75 mm. = 1/3 wagi deski 75×225 mm.

**2. Waga 1 m. b. bali i łat sosnowych w kg.**

Oznaczenia: d — średnica; u — obwód przekroju poprzecznego bali po środku bali; a — bok kwadratowej belki o największym przekroju jaką można wykroić z bali średnicy d; b i h — boki przekroju prostokątnej belki ( $b:h = 5:7$ ) o największym przekroju jaką można wykroić z bali średnicy d.

| d  | u   | a  | b. h  | Waga 1 m. w kg. |       |       | d  | u   | a  | b. h  | Waga 1 m. w kg. |       |       |
|----|-----|----|-------|-----------------|-------|-------|----|-----|----|-------|-----------------|-------|-------|
| cm | cm  | cm | cm    | ●               | ■     | ■     | cm | cm  | cm | cm    | ●               | ■     | ■     |
| 10 | 31  | 7  | 6.8   | 5,14            | 3,19  | 2,60  | 34 | 107 | 24 | 20,28 | 59,02           | 37,44 | 36,40 |
| 12 | 38  | 8  | 7.10  | 7,35            | 4,16  | 4,55  | 36 | 113 | 25 | 21,29 | 66,17           | 40,63 | 39,59 |
| 14 | 44  | 10 | 8.11  | 9,96            | 6,50  | 5,72  | 38 | 119 | 27 | 22,31 | 73,71           | 47,39 | 44,33 |
| 16 | 50  | 11 | 9.13  | 12,27           | 7,87  | 7,61  | 40 | 126 | 28 | 23,33 | 81,71           | 50,96 | 49,84 |
| 18 | 56  | 13 | 10.15 | 16,46           | 10,99 | 9,75  | 42 | 132 | 30 | 24,34 | 90,03           | 58,50 | 53,04 |
| 20 | 63  | 14 | 12.16 | 20,41           | 12,74 | 12,48 | 44 | 138 | 31 | 25,36 | 98,87           | 62,47 | 58,50 |
| 22 | 69  | 16 | 13.18 | 24,70           | 16,64 | 15,21 | 46 | 144 | 33 | 27,38 | 108,0           | 70,79 | 66,69 |
| 24 | 75  | 17 | 14.20 | 29,38           | 18,46 | 18,20 | 48 | 151 | 34 | 28,39 | 117,7           | 75,14 | 70,98 |
| 26 | 82  | 18 | 15.21 | 34,52           | 21,06 | 20,48 | 50 | 157 | 35 | 29,41 | 127,6           | 79,63 | 77,29 |
| 28 | 88  | 20 | 16.23 | 40,04           | 26,00 | 23,92 | 52 | 163 | 37 | 30,42 | 138,1           | 88,99 | 81,90 |
| 30 | 94  | 21 | 17.24 | 45,96           | 28,67 | 26,52 | 54 | 170 | 38 | 31,44 | 148,9           | 93,86 | 88,66 |
| 32 | 100 | 23 | 18.26 | 52,26           | 34,39 | 30,42 | 56 | 176 | 40 | 32,46 | 160,1           | 104,0 | 95,68 |

3. **Zawartość wilgoci** w świeżo zdjętym z pnia młodem drzewie: drzewo liściaste, twarde — 35 — 40% (w stosunku do wagi ogólnej); — miękkie — 45 — 58%; iglaste — 58 — 60%; drzewo półsuche, liściaste — 16 — 20%; iglaste — 15 — 18%.

4. **Suszenie sztuczne drzewa** przeprowadza się w odosobnionych komórkach, przy pomocy prądu powietrza ogrzanego do: dla drzewa liściastego — 30° do 40°C, dla drzewa iglastego, — małej grubości — 80° — 95°C, grubych 50°C. Przy codziennem działaniu ogrzanego powietrza w ciągu 12 godzin, dla drzewa grubości: — 2,5—5—7,5—10—15—20 cm. trzeba czasu na suszenie: 1 — 2—3 — 4— 7—10 — tygodni.

5. **Usychanie drzewa:** oznaczenia: I — uschnięcie wzdłuż włókien, II — w poprzek, w kierunku promieni przekroju poprzeczn., III — po obwodzie.

**Uwaga:** niżej podane w tabeli cyfry są przybliżone i wykazują % zmniejszenia w stosunku do pierwotnych wymiarów.

|              | I<br>% | II<br>% | III<br>% |              | I<br>% | II<br>% | III<br>% |
|--------------|--------|---------|----------|--------------|--------|---------|----------|
| Sosna . . .  | 0,12   | 3,04    | 5,72     | Lipa . . . . | 0,21   | 7,80    | 11,50    |
| Jodła . . .  | 0,08   | 2,90    | 6,70     | Topola . .   | 0,13   | 2,60    | 6,40     |
| Dąb . . . .  | 0,13   | 3,13    | 7,78     | Osina . . .  | 0,36   | 2,60    | 6,10     |
| Buk . . . .  | 0,20   | 5,00    | 8,00     | Klon . . . . | 0,07   | 3,35    | 6,59     |
| Brzoza . . . | 0,70   | 7,20    | 8,20     | Jesion . . . | 0,19   | 3,84    | 7,00     |

6. **Proponowane przez prof. Czesława Domaniewskiego arch. (Warszawa) słownictwo dotyczące budulca i normalne przekroje bierwion.**

a. **Proponowane normalne przekroje bierwion.**  
(Wymiary w cm).

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1) Bierwiona kleszczowe. | 2) Bierwiona krokwiowe. |
| 4/10                     | 6/10                    |
| 6/12                     | 8/10                    |
| 8/14                     | 10/12                   |
| 10/16                    | 12/14                   |
| 12/18                    | 14/16                   |
|                          | 16/18                   |

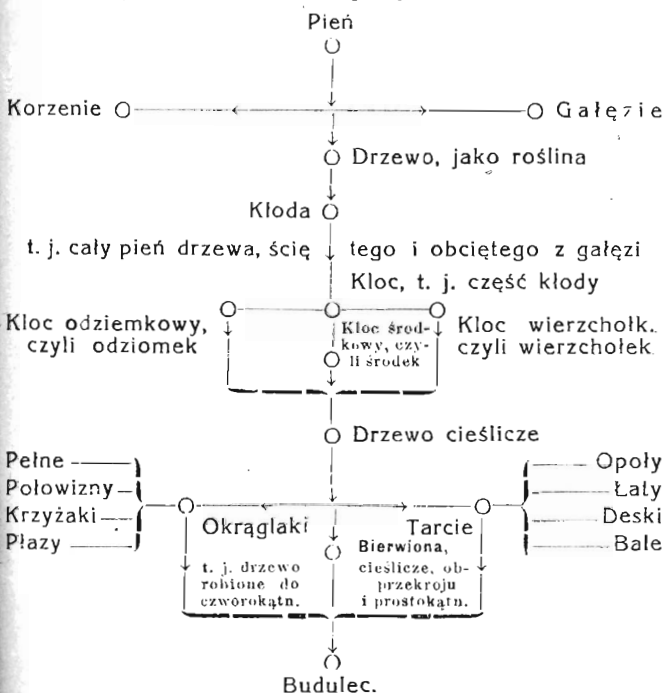
## 3) Bierwiona belkowe.

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 14/20 | 16/20 | 18/20 |
| 16/22 | 18/22 | 20/22 |
| 18/24 | 20/24 | 22/24 |
| 20/26 | 22/26 | 24/26 |
| 22/28 | 24/28 | 26/28 |
| 24/30 | 26/30 | 28/30 |

## 4) Bierwiona słupowe.

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 8/8   | 10/10 | 12/12 |
| 14/14 | 16/16 | 18/18 |
| 20/20 | 22/22 | 24/24 |
| 26/26 | 28/28 | 30/30 |

## p. Słownictwo, dotyczące budulca.

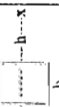


**Uwaga:** Z budulca otrzymuje się po obrobieniu do formy i wymiaru części składowe konstrukcji drewnianej, a mianowicie: 1) Zrębów. 2) Stropów. 3) Wieżb dachowych i t. p., jak np.: przyciesie, belki, krokwie i t. p.



## γ Szczegółowa tabela normalnych przekrojów bierwion.

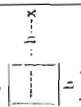
## 1) Normalne przekroje prostokątne.

| Nr porządk. | Normalny przekrój w cm.<br> | Średnica koła opisanego na danym przekr. | Powierzchnia koła opisanego na danym przekr. w dm <sup>2</sup> | Powierzchnia koła opisanego na danym przekr. w dm <sup>2</sup> | Objętość 1 m b. bierw. danego przekr. w dm <sup>3</sup> | Momenty bezwładności J     |                            | Momenty oporu W           |                           | Promień bezwładności               |                                    | Pow. not. przekroju stanowi % pow. koła opisanego na danym przekr. | N     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|
|             |                                                                                                                |                                          |                                                                |                                                                |                                                         | $J_{xx} = \frac{bh^3}{12}$ | $J_{yy} = \frac{hb^3}{12}$ | $W_{xx} = \frac{bh^2}{6}$ | $W_{yy} = \frac{hb^2}{6}$ | $i_{xx} = \sqrt{\frac{J_{xx}}{F}}$ | $i_{yy} = \sqrt{\frac{J_{yy}}{F}}$ |                                                                    |       |
|             | cm                                                                                                             | dm <sup>2</sup>                          | dm <sup>2</sup>                                                | dm <sup>3</sup>                                                | cm <sup>4</sup>                                         | cm <sup>4</sup>            | cm <sup>4</sup>            | cm <sup>3</sup>           | cm <sup>3</sup>           | cm                                 | cm                                 | %                                                                  |       |
| 1           | 4 10                                                                                                           | 0,91                                     | 0,40                                                           | 4,0                                                            | 333                                                     | 54                         | 27                         | 66                        | 2,889                     | 1,155                              |                                    | 44,0                                                               | 1,666 |
| 2           | 6 10                                                                                                           | 1,06                                     | 0,60                                                           | 6,0                                                            | 500                                                     | 180                        | 60                         | 100                       | 2,889                     | 1,732                              |                                    | 59,0                                                               | 1,666 |
| 3           | 8 10                                                                                                           | 1,29                                     | 0,80                                                           | 8,0                                                            | 667                                                     | 428                        | 107                        | 133                       | 2,889                     | 2,309                              |                                    | 62,0                                                               | 1,666 |
| 4           | 6 12                                                                                                           | 1,41                                     | 0,72                                                           | 7,2                                                            | 864                                                     | 216                        | 72                         | 144                       | 3,464                     | 1,732                              |                                    | 51,0                                                               | 2,000 |
| 5           | 8 12                                                                                                           | 1,63                                     | 0,96                                                           | 9,6                                                            | 1152                                                    | 672                        | 168                        | 192                       | 3,464                     | 2,309                              |                                    | 59,0                                                               | 2,000 |
| 6           | 10 12                                                                                                          | 1,91                                     | 1,20                                                           | 12,0                                                           | 1440                                                    | 1000                       | 200                        | 240                       | 3,464                     | 2,889                              |                                    | 63,0                                                               | 2,000 |
| 7           | 8 14                                                                                                           | 2,04                                     | 1,12                                                           | 11,2                                                           | 1827                                                    | 596                        | 149                        | 261                       | 4,041                     | 2,309                              |                                    | 56,0                                                               | 2,333 |
| 8           | 10 14                                                                                                          | 2,32                                     | 1,40                                                           | 14,0                                                           | 2289                                                    | 1165                       | 233                        | 327                       | 4,041                     | 2,889                              |                                    | 60,0                                                               | 2,333 |
| 9           | 12 14                                                                                                          | 2,66                                     | 1,68                                                           | 16,8                                                           | 2744                                                    | 2016                       | 336                        | 392                       | 4,041                     | 3,464                              |                                    | 63,0                                                               | 2,333 |
| 10          | 15 16                                                                                                          | 2,80                                     | 1,60                                                           | 16,0                                                           | 3408                                                    | 1330                       | 266                        | 426                       | 4,619                     | 2,889                              |                                    | 57,0                                                               | 2,666 |
| 11          | 12 16                                                                                                          | 3,17                                     | 1,92                                                           | 19,2                                                           | 4096                                                    | 2298                       | 383                        | 512                       | 4,619                     | 3,464                              |                                    | 61,0                                                               | 2,666 |
| 12          | 14 16                                                                                                          | 3,56                                     | 2,24                                                           | 22,4                                                           | 4776                                                    | 3647                       | 521                        | 597                       | 4,619                     | 4,041                              |                                    | 63,0                                                               | 2,666 |

op. odn. do osi xx  
da N jedn. mom.  
przekr. przypa.  
na 1 cm<sup>2</sup> norm.  
na danym przekr.

|    |       |    |       |      |      |       |       |      |      |       |       |      |       |
|----|-------|----|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 13 | 12 18 | 22 | 3,66  | 2,16 | 21,6 | 5832  | 2592  | 648  | 432  | 5,196 | 3,464 | 59,0 | 3,000 |
| 14 | 14 18 | 23 | 4,08  | 2,52 | 25,2 | 6804  | 4116  | 756  | 588  | 5,196 | 4,041 | 61,5 | 3,000 |
| 15 | 16 18 | 24 | 4,55  | 2,88 | 28,8 | 7778  | 6144  | 864  | 768  | 5,196 | 4,619 | 63,0 | 3,000 |
| 16 | 14 20 | 25 | 4,67  | 3,80 | 28,0 | 9830  | 4571  | 933  | 653  | 5,773 | 4,041 | 60,0 | 3,333 |
| 17 | 16 20 | 26 | 5,14  | 3,20 | 32,0 | 10660 | 6824  | 1066 | 853  | 5,773 | 4,619 | 62,0 | 3,333 |
| 18 | 18 20 | 27 | 5,68  | 3,60 | 36,0 | 12000 | 9711  | 1200 | 1079 | 5,773 | 5,196 | 63,5 | 3,333 |
| 19 | 16 22 | 28 | 5,81  | 3,52 | 35,2 | 14190 | 7496  | 1290 | 937  | 6,351 | 4,612 | 60,5 | 3,666 |
| 20 | 18 22 | 29 | 6,33  | 3,96 | 39,6 | 15972 | 10865 | 1452 | 1185 | 6,351 | 5,196 | 62,5 | 3,666 |
| 21 | 20 22 | 30 | 6,93  | 4,40 | 44,0 | 17743 | 14640 | 1613 | 1464 | 6,351 | 5,773 | 63,5 | 3,666 |
| 22 | 18 24 | 30 | 7,07  | 4,32 | 41,2 | 20736 | 11684 | 1738 | 1296 | 6,928 | 5,196 | 61,0 | 4,000 |
| 23 | 20 24 | 31 | 7,64  | 4,80 | 48,0 | 23040 | 16000 | 1920 | 1600 | 6,928 | 5,773 | 63,0 | 4,000 |
| 24 | 22 24 | 32 | 8,35  | 5,28 | 52,8 | 25344 | 21296 | 2112 | 1936 | 6,928 | 6,351 | 63,5 | 4,000 |
| 25 | 20 26 | 33 | 8,45  | 5,20 | 52,0 | 28289 | 17320 | 2235 | 1732 | 7,505 | 2,773 | 61,0 | 4,333 |
| 26 | 22 26 | 34 | 9,08  | 5,72 | 57,2 | 32214 | 23055 | 2478 | 2096 | 7,505 | 6,351 | 63,0 | 4,333 |
| 27 | 24 26 | 35 | 9,79  | 6,24 | 62,4 | 35152 | 29928 | 2704 | 2494 | 7,505 | 6,928 | 63,5 | 4,333 |
| 28 | 22 28 | 36 | 9,95  | 6,16 | 61,6 | 40250 | 24805 | 2875 | 2255 | 8,082 | 6,351 | 62,0 | 4,666 |
| 29 | 24 28 | 37 | 10,63 | 6,72 | 67,2 | 43904 | 32208 | 3136 | 2684 | 8,082 | 6,928 | 63,0 | 4,666 |
| 30 | 26 28 | 38 | 11,46 | 7,28 | 72,8 | 47558 | 40950 | 3397 | 3150 | 8,082 | 7,505 | 63,5 | 4,666 |
| 31 | 24 30 | 39 | 11,58 | 7,20 | 72,0 | 54000 | 34560 | 3600 | 2880 | 8,660 | 6,928 | 62,0 | 5,000 |
| 32 | 26 30 | 40 | 12,37 | 7,80 | 78,0 | 58500 | 43940 | 3900 | 3380 | 8,660 | 7,505 | 63,0 | 5,000 |
| 33 | 28 30 | 41 | 13,20 | 8,40 | 84,0 | 63000 | 54880 | 4200 | 3920 | 8,660 | 8,082 | 63,5 | 5,000 |

## 2) Normalne przekroje kwadratowe.

| № porządk. | Normalny przekrój w cm<br><br>b=h | Średnica koła opisanego na danym przek. w cm całkow. | Powierzchnia koła opisanego na danym przek. w dm <sup>2</sup> | Objętość 1 m b. bierw. danego przek. w dm <sup>3</sup> | Momenty bezwładności J    |                           | Momenty oporu W          |                          | Promień bezwładności               |                                    | Pow. noś. przek. koła opis. w dm <sup>2</sup> | Na 1 cm <sup>2</sup> norm. da N jedn. norm. przekr. przypa. op. odn. do osi xx |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                                                                                                      |                                                      |                                                               |                                                        | $J_{xx} = \frac{b^4}{12}$ | $J_{yy} = \frac{b^4}{12}$ | $W_{xx} = \frac{b^3}{6}$ | $W_{yy} = \frac{b^3}{6}$ | $i_{xx} = \sqrt{\frac{J_{xx}}{F}}$ | $i_{yy} = \sqrt{\frac{J_{yy}}{F}}$ |                                               |                                                                                |
|            | cm                                                                                                                   | cm                                                   | dm <sup>2</sup>                                               | dm <sup>2</sup>                                        | cm <sup>4</sup>           | cm <sup>4</sup>           | cm <sup>3</sup>          | cm <sup>3</sup>          | cm                                 | cm                                 | φ                                             | N                                                                              |
| 34         | 8 9                                                                                                                  | 11                                                   | 1,00                                                          | 0,64                                                   | 340                       | 340                       | 85                       | 85                       | 2,309                              | 2,309                              | 63,69                                         | 1,333                                                                          |
| 35         | 10 10                                                                                                                | 14                                                   | 1,56                                                          | 1,00                                                   | 830                       | 830                       | 166                      | 166                      | 2,889                              | 2,889                              | 63,69                                         | 1,666                                                                          |
| 36         | 12 12                                                                                                                | 17                                                   | 2,25                                                          | 1,44                                                   | 1723                      | 1723                      | 288                      | 288                      | 3,461                              | 3,461                              | 63,69                                         | 2,000                                                                          |
| 37         | 14 14                                                                                                                | 20                                                   | 3,08                                                          | 1,96                                                   | 3199                      | 3199                      | 457                      | 457                      | 4,041                              | 4,041                              | 63,69                                         | 2,333                                                                          |
| 38         | 16 16                                                                                                                | 23                                                   | 4,01                                                          | 2,56                                                   | 5456                      | 5456                      | 692                      | 692                      | 4,619                              | 4,619                              | 63,69                                         | 2,666                                                                          |
| 39         | 18 18                                                                                                                | 25                                                   | 5,06                                                          | 3,24                                                   | 8748                      | 8748                      | 972                      | 972                      | 5,196                              | 5,196                              | 63,69                                         | 3,000                                                                          |
| 40         | 20 20                                                                                                                | 28                                                   | 6,29                                                          | 4,00                                                   | 13330                     | 13330                     | 1333                     | 1333                     | 5,773                              | 5,773                              | 63,69                                         | 3,333                                                                          |
| 41         | 22 22                                                                                                                | 31                                                   | 7,59                                                          | 4,84                                                   | 19514                     | 19514                     | 1774                     | 1774                     | 6,351                              | 6,351                              | 63,69                                         | 3,666                                                                          |
| 42         | 24 24                                                                                                                | 34                                                   | 9,56                                                          | 5,76                                                   | 27618                     | 27618                     | 2304                     | 2304                     | 6,938                              | 6,938                              | 63,69                                         | 4,000                                                                          |
| 43         | 26 26                                                                                                                | 37                                                   | 10,63                                                         | 6,76                                                   | 38077                     | 38077                     | 2929                     | 2929                     | 7,505                              | 7,505                              | 63,69                                         | 4,333                                                                          |
| 44         | 28 28                                                                                                                | 40                                                   | 12,31                                                         | 7,84                                                   | 51212                     | 51212                     | 3658                     | 3658                     | 8,082                              | 8,082                              | 63,69                                         | 4,666                                                                          |
| 45         | 30 30                                                                                                                | 43                                                   | 14,12                                                         | 9,00                                                   | 67500                     | 67500                     | 4500                     | 4500                     | 8,660                              | 8,660                              | 63,69                                         | 5,000                                                                          |

## c. Liny druciane i druty.

## 1. Liny druciane:

|                                 |       |      |      |      |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Średnica—mm.                    | 7     | 10   | 13   | 15   | 20   | 25   | 35   | 50    |
| Waga — kg./m.                   | 0,15  | 0,26 | 0,46 | 0,80 | 1,10 | 1,85 | 4,45 | 8,25  |
| Obciążenie<br>bezpieczne<br>kg. | żel.  | 85   | 1,45 | 260  | 440  | 620  | 970  | 2600  |
|                                 | stal. | 180  | 320  | 570  | 960  | 1360 | 2110 | 5650  |
|                                 |       |      |      |      |      |      |      | 10500 |

Powyższe obciążenia bezpieczne są wynikiem doświadczeń nad linami „Felten i Guillome“; zapas wytrzymałości przyjęty dziesięciokrotny; podane cyfry należy rozpatrywać jako przybliżone (orientacyjne).

## 2. Waga drutu żelaznego:

| Grubość<br>drutu | Waga<br>1000<br>m. b. | Grubość<br>drutu | Waga<br>1000<br>m. b. | Grubość<br>drutu | Waga<br>1000<br>m. b. | Grubość<br>drutu | Waga<br>1000<br>m. b. | Grubość<br>drutu | Waga<br>1000<br>m. b. |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| mm.              | kg.                   | mm.              | kg.                   | mm.              | kg.                   | mm.              | kg.                   | mm.              | kg.                   |
| 0,14             | 0,118                 | 0,34             | 0,695                 | 0,90             | 4,867                 | 2,20             | 29,08                 | 5,50             | 181,80                |
| 0,16             | 0,154                 | 0,37             | 0,823                 | 1,00             | 6,008                 | 2,50             | 37,55                 | 6,00             | 216,30                |
| 0,18             | 0,195                 | 0,40             | 0,961                 | 1,10             | 7,270                 | 2,80             | 47,10                 | 6,50             | 253,90                |
| 0,20             | 0,240                 | 0,45             | 1,217                 | 1,20             | 8,652                 | 3,10             | 57,74                 | 7,00             | 294,40                |
| 0,22             | 0,291                 | 0,50             | 1,502                 | 1,30             | 10,15                 | 3,40             | 69,46                 | 7,60             | 317,00                |
| 0,24             | 0,346                 | 0,55             | 1,817                 | 1,40             | 11,78                 | 3,80             | 86,76                 | 8,20             | 404,00                |
| 0,26             | 0,406                 | 0,60             | 2,163                 | 1,60             | 15,38                 | 4,20             | 106,00                | 8,80             | 465,30                |
| 0,28             | 0,471                 | 0,70             | 2,944                 | 1,80             | 19,47                 | 4,60             | 127,10                | 9,40             | 530,90                |
| 0,31             | 0,577                 | 0,80             | 3,845                 | 2,00             | 24,03                 | 5,00             | 150,20                | 10,00            | 600,80                |

Drut stalowy, miedziany i mosiężny waży odpowiednio w 1,04; 1,176 i 1,135 razy więcej.

## 3. Druć koleczasty:

według danych Akc. Tow. Warszawskich fabryk śrub i drutu, dawniej M. Wolanowski.

| Gatunek                                         | Ilość drutów zwijanych | Średnica drutu mm. | Odległość pomiędzy kolcami mm. | Przybliżona waga 100 m. b. kg. |
|-------------------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| I<br>z blaszаныmi kolcami                       | 3                      | 2,5                | 100—125                        | 14,5                           |
|                                                 | 3                      | 2,5                | 75—100                         |                                |
|                                                 | 3                      | 2,5                | 50—75                          |                                |
|                                                 | 3                      | 2,2                | 100—125                        | 12                             |
|                                                 | 3                      | 2,2                | 75—100                         |                                |
|                                                 | 3                      | 2,2                | 50—75                          |                                |
|                                                 | 3                      | 2                  | 100—125                        | 10                             |
|                                                 | 3                      | 2                  | 75—100                         |                                |
|                                                 | 3                      | 2                  | 50—75                          |                                |
|                                                 | 3                      | 1,8                | 100—125                        | 8                              |
|                                                 | 3                      | 1,8                | 75—100                         |                                |
|                                                 | 3                      | 1,8                | 50—75                          |                                |
| II<br>z drucianymi kolcami<br>o dwóch ostrzach. | 2                      | 2,5                | 100—125                        | 10                             |
|                                                 | 2                      | 2,5                | 50—100                         |                                |
|                                                 | 2                      | 2                  | 100—125                        | 6,75                           |
|                                                 | 2                      | 2                  | 50—100                         |                                |
| III<br>z drucianymi kolcami<br>o 4-ch ostrzach. | 2                      | 2,5                | 100—125                        | 11                             |
|                                                 | 2                      | 2,5                | 50—100                         | 10,2                           |
|                                                 | 2                      | 2                  | 100—125                        | 8,4                            |
|                                                 | 2                      | 2                  | 50—100                         | 9,—                            |

## 4. Liny z konopia:

## TABELA

przybliżonej wagi lin i sznurów z konopia, białych nie-smołowanych, skręconych w 3 przedży.

| Obwód przekr. poprz. | Waga 100 m. b. | Obwód przekr. poprz. | Waga 100 m. b. | Obwód przekr. poprz. | Waga 100 m. b. | Obwód przekr. poprz. | Waga 100 m. b. | Obwód przekr. poprz. | Waga 100 m. b. |
|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| mm.                  | kg.            | mm.                  | kg.            | mm.                  | kg.            | mm.                  | kg.            | mm.                  | kg.            |
| 20                   | 3              | 70                   | 36             | 120                  | 108            | 170                  | 219            | 220                  | 368            |
| 25                   | 4              | 75                   | 43             | 125                  | 120            | 175                  | 235            | 230                  | 390            |
| 30                   | 7              | 85                   | 50             | 135                  | 133            | 185                  | 252            | 235                  | 412            |
| 40                   | 11             | 90                   | 58             | 140                  | 158            | 190                  | 270            | 240                  | 435            |
| 45                   | 14             | 95                   | 67             | 145                  | 151            | 195                  | 288            | 250                  | 455            |
| 50                   | 19             | 100                  | 76             | 150                  | 173            | 200                  | 307            | 255                  | 480            |
| 55                   | 24             | 105                  | 86             | 160                  | 188            | 210                  | 328            | —                    | —              |
| 65                   | 29             | 115                  | 97             | 165                  | 203            | 215                  | 348            | —                    | —              |

Waga lin skręconych w 4 przedży jest mniejszą o 1 1/2%.

## TABELA

wagi i obciążeń bezpiecznych lin niesmołowanych (zapas wytrzymałości ośmiokrotny).

|                               |      |      |      |      |       |      |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Średnica przekroju poprzeczn. | 13   | 16   | 20   | 26   | 39    | 52   | 75   | 100  | mm.  |
|                               | 1/2  | 5/8  | 3/4  | 1    | 1 1/2 | 2    | 3    | 4    | cali |
| Waga m. b.                    | 0,11 | 0,19 | 0,29 | 0,50 | 1,20  | 2,03 | 4,12 | 7,20 | kg/m |
| Obciążenie bezpieczne         | 120  | 200  | 300  | 500  | 1100  | 2100 | 3100 | 5100 | kg.  |

Liny przesmołowane są więcej trwałe, ale posiadają wytrzymałość o 12—14% mniejszą, a wagę o 10—15% większą w stosunku do lin białych.

## d. Blacha cynkowa

Wzorzec (kaliber) belgijski.

| Nr | Grubość | Waga              | Nr | Grubość | Waga              | Nr | Grubość | Waga              | Nr | Grubość | Waga              |
|----|---------|-------------------|----|---------|-------------------|----|---------|-------------------|----|---------|-------------------|
|    | mm.     | kg/m <sup>2</sup> |    | mm.     | kg/m <sup>2</sup> |    | mm.     | kg/m <sup>2</sup> |    | mm.     | kg/m <sup>2</sup> |
| 1  | 0,05    | 0,36              | 6  | 0,30    | 2,16              | 11 | 0,58    | 4,18              | 16 | 1,08    | 7,78              |
| 2  | 0,10    | 0,72              | 7  | 0,35    | 2,52              | 12 | 0,66    | 4,75              | 17 | 1,21    | 8,71              |
| 3  | 0,15    | 1,08              | 8  | 0,40    | 2,88              | 13 | 0,74    | 5,33              | 18 | 1,34    | 9,65              |
| 4  | 0,20    | 1,44              | 9  | 0,45    | 3,24              | 14 | 0,82    | 5,90              | 19 | 1,47    | 10,60             |
| 5  | 0,25    | 1,80              | 10 | 0,50    | 3,66              | 15 | 0,95    | 6,84              | 20 | 1,60    | 11,50             |
|    |         |                   |    |         |                   |    |         |                   | 21 | 1,78    | 12,80             |
|    |         |                   |    |         |                   |    |         |                   | 22 | 1,96    | 14,10             |
|    |         |                   |    |         |                   |    |         |                   | 23 | 2,14    | 15,40             |
|    |         |                   |    |         |                   |    |         |                   | 24 | 2,32    | 16,70             |
|    |         |                   |    |         |                   |    |         |                   | 25 | 2,50    | 18,00             |

Kaliber Śląski różni się od belgijskiego tylko co do numerów 1, 2, 3 i 4, którym odpowiadają grubości: 0,1; 0,143; 0,186 i 0,228 mm. i waga kg/m<sup>2</sup> 0,72; 1,03; 1,34 i 1,64, reszta numerów obu kalibrów są jednakowe.

Przyjęte wymiary arkuszy blachy: 0,65 m. × 2 m. = 1,3 m.<sup>2</sup>; 0,8; m. × 2 m. = 1,6 m.<sup>2</sup>; 1 m. × 2 m. = 2 m.

Wzorzec Polski dla arkuszy cynkowych:

| Nr          | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Grubość mm. | 1,02 | 1,11 | 1,23 | 1,34 | 1,53 | 1,70 | 1,80 | 1,99 |

## e. Ołów w arkuszach.

Wzorzec ołowia w arkuszach = ilości funtów angielskich w stopie kwadratowej:

| N <sup>o</sup> N <sup>o</sup> | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 10    | 12    | funtów ang.<br>w 1 stop. <sup>2</sup> |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
| Waga przy-<br>bliżona         | 14,60 | 19,60 | 24,25 | 29,40 | 34,10 | 39,10 | 48,85 | 58,45 | kg./m. <sup>2</sup>                   |
| Grubość<br>przybliż.          | 1,30  | 1,80  | 2,30  | 2,50  | 3,00  | 3,60  | 4,30  | 5,30  | mm                                    |

Długość arkusza w rulonie 9 m. szerokość — 2,10 m.

## f. Blacha do krycia dachów.

Blacha żelazna do pokrycia dachów winna być wyrobiona z żelaza miękkiego, dobrze przewalcowanego, bez pęknięć, puchli, bez domieszki siarki lub fosforu, lekko giąć się, wytrzymywać trzy kolejne zagięcia w obie strony, (każde zagięcie przybijać młotkiem drewnianym). Przy zagięciach i przybijaniach młotkiem blachy ocynkowanej, cynk nie powinien oddzielać się od żelaza.

1. TABELA N<sup>o</sup> 27.

Blacha czarna, wymiary arkuszy 56 X 28 cal.. lub 1422 X 711 mm.

| Ilość ark. w 1<br>pakunku 82 kg.<br>(5 pudów) wagi | Waga |      | Ilość ark. w 1<br>pakunku 82 kg.<br>(5 pudów) wagi | Waga |      | Ilość ark. w 1<br>pakunku 82 kg.<br>(5 pudów) wagi | Waga |      | Ilość ark. w 1<br>pakunku 82 kg.<br>(5 pudów) wagi | Waga |       |
|----------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------|------|------|----------------------------------------------------|------|-------|
|                                                    | kg.  | mm.  |                                                    | kg.  | mm.  |                                                    | kg.  | mm.  |                                                    | kg.  | mm.   |
| 13                                                 | 6,20 | 0,79 | 17                                                 | 4,90 | 0,63 | 21                                                 | 3,90 | 0,50 | 27                                                 | 3,10 | 0,364 |
| 14                                                 | 5,80 | 0,75 | 18                                                 | 4,50 | 0,58 | 22                                                 | 3,70 | 0,47 | 29                                                 | 2,90 | 0,356 |
| 15                                                 | 5,40 | 0,71 | 19                                                 | 4,30 | 0,56 | 23                                                 | 3,50 | 0,44 | 30                                                 | 2,70 | 0,345 |
| 16                                                 | 5,10 | 0,66 | 20                                                 | 4,10 | 0,53 | 25                                                 | 3,30 | 0,42 | 33                                                 | 2,50 | 0,310 |

## 2. TABELA № 28.

Blacha żelazna ocynkowana; wymiary arkuszy 56×28 cal. lub 1422×711 mm.

| Ilość arkuszy w 1 pakunku wagi 82 kg. (5 pudów) | Przybliżona waga 1 arkusza kg. | Ilość arkuszy w 1 pakunku wagi 82 kg. (5 pudów) | Przybliżona waga 1 arkusza kg. | Ilość arkuszy w 1 pakunku wagi 82 kg. (5 pudów) | Przybliżona waga 1 arkusza kg. |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| 24, 25 i 26                                     | 3,30                           | 17                                              | 4,80                           | 11 i 12                                         | 7,00                           |
| 22 i 23                                         | 3,70                           | 15 i 16                                         | 5,40                           | 11                                              | 7,40                           |
| 20 i 21                                         | 4,10                           | 14                                              | 5,80                           | 11 i 10                                         | 7,80                           |
| 18                                              | 4,50                           | 13                                              | 6,20                           | 10                                              | 8,20                           |

## 3. TABELA № 29.

Waga różnych płyt metalowych kg/m<sup>2</sup>.

| mm. | Grubość |        |        | Stal zlewna<br>i walcow. | Miedź | Mosiądz | Bronz | Gynk  | Ołów   | Grubość<br>mm. |
|-----|---------|--------|--------|--------------------------|-------|---------|-------|-------|--------|----------------|
|     | Żelazo  | Żelazo | Żelazo |                          |       |         |       |       |        |                |
| 1   | 7,80    | 7,85   | 7,25   | 7,86                     | 8,90  | 8,55    | 8,60  | 7,20  | 11,37  | 1              |
| 2   | 15,60   | 15,70  | 14,50  | 15,72                    | 17,80 | 17,10   | 17,20 | 14,40 | 22,74  | 2              |
| 3   | 23,40   | 23,55  | 21,75  | 23,58                    | 26,70 | 25,65   | 25,80 | 21,60 | 34,11  | 3              |
| 4   | 31,20   | 31,40  | 29,00  | 31,44                    | 35,60 | 34,20   | 34,40 | 28,80 | 45,48  | 4              |
| 5   | 39,00   | 39,25  | 36,25  | 39,30                    | 44,50 | 42,75   | 43,00 | 36,00 | 56,85  | 5              |
| 6   | 46,80   | 47,10  | 43,50  | 47,16                    | 53,40 | 51,30   | 51,60 | 43,20 | 68,22  | 6              |
| 7   | 54,60   | 54,95  | 50,75  | 55,02                    | 62,30 | 59,85   | 60,20 | 50,40 | 79,59  | 7              |
| 8   | 62,40   | 62,80  | 58,00  | 62,88                    | 71,20 | 68,40   | 68,80 | 57,60 | 90,96  | 8              |
| 9   | 70,20   | 70,65  | 65,25  | 70,74                    | 80,10 | 76,95   | 77,40 | 64,80 | 102,33 | 9              |
| 10  | 78,00   | 78,50  | 72,50  | 78,60                    | 89,00 | 85,50   | 86,00 | 72,00 | 113,70 | 10             |



## h. Gwoździe.

## TABELA № 30.

(według hr. de-Roszefer'a—II. uroczn. położenie)  
waga i wymiary gwoździ drucianych.

| № kalib. westfals.<br>i grubość w mm. | Długość        |       | Ilość<br>gwoździ<br>w 1<br>skrzyn.<br>16 kg. |      | № kalib. westfals.<br>i grubość w mm. | Długość        |       | Ilość<br>gwoździ<br>w 1<br>skrzynce<br>16 kg. |       | № kalib. westfals.<br>i grubość w mm. | Długość            |       | Ilość<br>gwoździ<br>w 1<br>skrzynce<br>16 kg. |       |
|---------------------------------------|----------------|-------|----------------------------------------------|------|---------------------------------------|----------------|-------|-----------------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------------------|-------|-----------------------------------------------|-------|
|                                       | w calach       | w mm. | Ok.                                          | Kw.  |                                       | calach         | w mm. | Okr.                                          | Kw.   |                                       | w calach           | w mm. | Okr.                                          | Kw.   |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       |                |       |                                               |       |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{24}{6}$                        | 8              | 203   | 370                                          | 310  | $\frac{18}{3,4}$                      | 3              | 76    | 3900                                          | 3300  | $\frac{11}{1,6}$                      | 2                  | 51    | 21000                                         | 17000 |
|                                       | 7              | 178   | 440                                          | 360  |                                       | $2\frac{1}{4}$ | 70    | 4200                                          | 3500  |                                       | $1\frac{3}{4}$     | 45    | 24000                                         | 19000 |
|                                       | 6              | 152   | 510                                          | 420  |                                       | $2\frac{1}{2}$ | 63    | 4600                                          | 3900  |                                       | $1\frac{1}{2}$     | 38    | 29000                                         | 22000 |
|                                       | $5\frac{1}{2}$ | 140   | 550                                          | 450  |                                       | $2\frac{3}{4}$ | 57    | 5200                                          | 4300  |                                       | $1\frac{1}{4}$     | 32    | 34000                                         | 27000 |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       | 2              | 51    | 5800                                          | 4900  |                                       | 1                  | 25    | 41000                                         | 34000 |
| $\frac{23}{5,5}$                      | 7              | 178   | 540                                          | 470  | $\frac{17}{2,8}$                      | 3              | 76    | 4300                                          | 4000  | $\frac{10}{1,4}$                      | $1\frac{3}{4}$     | 45    | 30000                                         | 26000 |
|                                       | $6\frac{1}{2}$ | 165   | 580                                          | 490  |                                       | $2\frac{1}{4}$ | 70    | 5000                                          | 4500  |                                       | $1\frac{1}{2}$     | 38    | 35000                                         | 30000 |
|                                       | 6              | 152   | 630                                          | 520  |                                       | $2\frac{1}{2}$ | 62    | 6000                                          | 5100  |                                       | $1\frac{1}{4}$     | 32    | 41000                                         | 34000 |
|                                       | $5\frac{1}{2}$ | 140   | 680                                          | 570  |                                       | $2\frac{3}{4}$ | 57    | 6800                                          | 5700  |                                       | 1                  | 25    | 50000                                         | 40000 |
|                                       | 5              | 127   | 720                                          | 620  |                                       | 2              | 51    | 7700                                          | 6400  |                                       | $\frac{3}{4}$      | 19    | 65000                                         | 55000 |
|                                       | $4\frac{1}{2}$ | 114   | 800                                          | 670  |                                       | $1\frac{3}{4}$ | 45    | 8600                                          | 7200  |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{22\frac{1}{2}}{5,5}$           | 6              | 152   | 730                                          | 600  | $\frac{16}{2,5}$                      | $2\frac{1}{2}$ | 62    | 6700                                          | 6100  | $\frac{9}{1,3}$                       | $\frac{3}{4}$      | 19    | 80000                                         | 67000 |
|                                       | $5\frac{1}{2}$ | 140   | 770                                          | 650  |                                       | $2\frac{1}{4}$ | 57    | 7500                                          | 6600  |                                       | 2                  | 17    | 90000                                         | 76000 |
|                                       | 5              | 127   | 860                                          | 710  |                                       | 2              | 51    | 8300                                          | 7300  |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | $4\frac{1}{2}$ | 114   | 950                                          | 780  |                                       | $1\frac{3}{4}$ | 45    | 9300                                          | 8200  |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | 4              | 101   | 1030                                         | 860  |                                       | $1\frac{1}{2}$ | 38    | 11000                                         | 9300  |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{22}{4,6}$                      | 6              | 152   | 770                                          | 700  | $\frac{15}{2,2}$                      | $2\frac{1}{2}$ | 62    | 8600                                          | 7300  | $\frac{8}{1,2}$                       | $\frac{3}{4}$      | 19    | 86000                                         | —     |
|                                       | $5\frac{1}{2}$ | 140   | 870                                          | 770  |                                       | $2\frac{1}{4}$ | 57    | 9500                                          | 7800  |                                       | $\frac{2}{3}$      | 17    | 98000                                         | —     |
|                                       | 5              | 127   | 960                                          | 860  |                                       | 2              | 51    | 10600                                         | 8600  |                                       | $\frac{1}{8}$      | 16    | 117000                                        | —     |
|                                       | $4\frac{1}{2}$ | 114   | 1080                                         | 930  |                                       | $1\frac{3}{4}$ | 45    | 11900                                         | 9800  |                                       | $\frac{1}{2}$      | 13    | 130000                                        | —     |
|                                       | 4              | 101   | 1200                                         | 1100 |                                       | $1\frac{1}{2}$ | 38    | 13500                                         | 12000 |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{21}{4,2}$                      | $5\frac{1}{2}$ | 140   | 1150                                         | 940  | $\frac{14}{2}$                        | $1\frac{1}{4}$ | 32    | 15000                                         | 13800 | $\frac{7}{1,1}$                       | $\frac{3}{4}$      | 19    | 120000                                        | —     |
|                                       | 5              | 127   | 1240                                         | 1030 |                                       | 1              | 25    | 18500                                         | 16000 |                                       | $\frac{2}{3}$      | 17    | 140000                                        | —     |
|                                       | $4\frac{1}{2}$ | 114   | 1380                                         | 1200 |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{1}{8}$      | 16    | 160000                                        | —     |
|                                       | 4              | 101   | 1500                                         | 1320 |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{1}{2}$      | 13    | 180000                                        | —     |
|                                       | $3\frac{3}{4}$ | 95    | 1620                                         | 1430 |                                       |                |       |                                               |       |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{20}{3,8}$                      | $4\frac{1}{2}$ | 114   | 1550                                         | 1400 | $\frac{13}{1,8}$                      | 2              | 51    | 13000                                         | 10400 | $\frac{6}{1,0}$                       | $\frac{1}{2}$      | 13    | 200000                                        | —     |
|                                       | 4              | 101   | 1750                                         | 1550 |                                       | $1\frac{3}{4}$ | 45    | 14000                                         | 12000 |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{3}{4}$ | 95    | 1900                                         | 1650 |                                       | $1\frac{1}{2}$ | 38    | 16500                                         | 14000 |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{1}{2}$ | 89    | 2050                                         | 1750 |                                       | $1\frac{1}{4}$ | 32    | 19000                                         | 16300 |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{1}{4}$ | 82    | 2250                                         | 1900 |                                       | 1              | 25    | 23000                                         | 19000 |                                       |                    |       |                                               |       |
|                                       | 3              | 76    | 2350                                         | 2100 |                                       |                |       |                                               |       |                                       |                    |       |                                               |       |
| $\frac{19}{3,4}$                      | 4              | 101   | 2200                                         | 2000 | $\frac{12}{1,8}$                      | $2\frac{1}{4}$ | 57    | 15000                                         | 14000 |                                       | Gwoździe tapicers. |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{3}{4}$ | 95    | 2350                                         | 2200 |                                       | 2              | 52    | 17000                                         | 15500 |                                       | Cal                |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{1}{2}$ | 89    | 2550                                         | 2350 |                                       | $1\frac{3}{4}$ | 45    | 20000                                         | 17000 |                                       | mm.                |       |                                               |       |
|                                       | $3\frac{1}{4}$ | 82    | 2900                                         | 2500 |                                       | $1\frac{1}{2}$ | 38    | 23000                                         | 19000 |                                       | Ilość              |       |                                               |       |
|                                       | 3              | 76    | 3200                                         | 2650 |                                       | $1\frac{1}{4}$ | 32    | 27000                                         | 23000 |                                       | 1                  | 25    | 33000                                         |       |
|                                       | $2\frac{3}{4}$ | 70    | 3500                                         | 2800 |                                       | 1              | 25    | 32000                                         | 28000 |                                       | $\frac{7}{8}$      | 22    | 43000                                         |       |
|                                       | $2\frac{1}{2}$ | 63    | 3900                                         | 3000 |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{3}{4}$      | 19    | 50000                                         |       |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{5}{8}$      | 16    | 63000                                         |       |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{3}{2}$      | 13    | 75000                                         |       |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{3}{8}$      | 10    | 98000                                         |       |
|                                       |                |       |                                              |      |                                       |                |       |                                               |       |                                       | $\frac{1}{4}$      | 6     | 150000                                        |       |

## Gwoździe do papy:

| Nr<br>angiel.               | 14    |       |       | 15    |       |       | 16 |       |       | 17    |       |      |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|------|
| Długość<br>mm.              | 23    | 30,5  | 38    | 23    | 30,5  | 38    | —  | 30,5  | 38    | 30,5  | 38    | 46   |
| Ilość<br>w krzy-<br>żu szt. | 29000 | 28000 | 17000 | 21000 | 19000 | 16000 | —  | 16000 | 13500 | 13000 | 10500 | 8500 |

Siła niezbędna dla wyciągnięcia wbitego w drzewo gwoździa, na każdy mm.<sup>2</sup> powierzchni wbitej części w przybliżeniu wskazana w następującej tabelce.

| Gatunek drzewa | Gwóźdź wbity                 |                      |
|----------------|------------------------------|----------------------|
|                | do sztorcu<br>wzdłuż włókien | w poprzek<br>włókien |
| Jodła          | $p = 0,35 \text{ kg/mm.}^2$  | 0,64 kg/mm           |
| Lipa           | „ 0,35 „                     | 0,66 „               |
| Buk czerwon.   | „ 0,69 „                     | 1,06 „               |
| „ biały        | „ 0,83 „                     | 1,16 „               |
| Dąb            | „ 1,03 „                     | 1,42 „               |

Obciążenie bezpieczne—6—10 razy mniejsze.

## g. Wkręty.

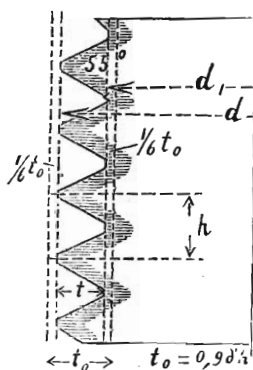
Wkręty do drzewa wyrabiają się o głębokim i ostrym gwincie; siła potrzebna do wyciągnięcia wkręta z drzewa=

1. dla drzewa twardego 5,6 d. l. t kg.

2. dla drzewa miękkiego 2,8 d. l. t kg.

gdzie d — średnica zewnętrzna gwintu w mm., l — długość części gwintowanej w mm., t — głębokość gwinta w mm. Dla gwinta o wygładzie trójkąta równobocznego  $t = 0,5 S$ , gdzie S — krok (skok) gwinta; dla gwinta kształtu trójkąta prostokątnego —  $t = 0,75 S$ . (gdzie S krok gwinta). Obciążenie bezpieczne w 6 — 10 razy mniejsze.

## i Śruby i nity.



Rys. 51.

## 1. System Whitworth'a, rys. 51.

kąt zaostrenia  $55^\circ$ ; w przybliżeniu  $d \approx 1,11d_1 \div 14 \text{ mm.}$  lub  $d_1 = 0,9d = 12,5 \text{ mm.}$  Dla śrub w granicach od 19 mm. do 28 mm.,  $d = 1,2 d_1$ .

## TABELA № 31a.

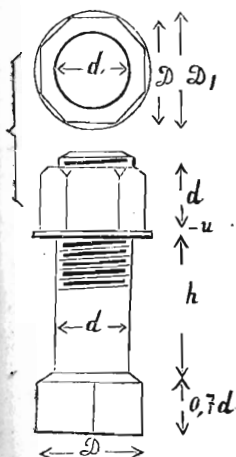
śruby Whitworth'a

| Średnica śruby |          |                        | Pole prze-<br>kroju cm. <sup>2</sup> | Obciążenie doz-<br>wolone w kierun-<br>ku osi śruby: Q = |       | Waga śruby<br>przy długości<br>1 cm. kg. |
|----------------|----------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|
| zewnątrzna     |          | Wew-<br>nętrzna<br>mm. |                                      | = $\frac{1}{4} \pi d_1^2 k \text{ kg.}$ ,<br>— przy k =  |       |                                          |
| d<br>cali      | d<br>mm. |                        |                                      | 600 kg/cm. <sup>2</sup>   800 kg/cm. <sup>2</sup>        |       |                                          |
| $\frac{1}{8}$  | 6,35     | 4,72                   | 0,175                                | 105                                                      | 140   | 0,00253                                  |
| $\frac{3}{16}$ | 9,52     | 7,49                   | 0,441                                | 265                                                      | 355   | 0,00560                                  |
| $\frac{1}{4}$  | 12,70    | 10,00                  | 0,784                                | 470                                                      | 630   | 0,00994                                  |
| $\frac{5}{16}$ | 15,87    | 12,92                  | 1,311                                | 785                                                      | 1050  | 0,01559                                  |
| $\frac{3}{8}$  | 19,05    | 15,80                  | 1,961                                | 1175                                                     | 1570  | 0,02230                                  |
| $\frac{7}{16}$ | 22,22    | 18,61                  | 2,720                                | 1630                                                     | 2175  | 0,03040                                  |
| 1              | 25,40    | 21,33                  | 3,573                                | 2145                                                     | 2860  | 0,03980                                  |
| $1\frac{1}{4}$ | 31,75    | 27,10                  | 5,768                                | 3460                                                     | 4615  | 0,06220                                  |
| $1\frac{1}{2}$ | 38,10    | 32,68                  | 8,388                                | 5030                                                     | 6710  | 0,08950                                  |
| 2              | 50,80    | 43,57                  | 14,910                               | 8950                                                     | 11930 | 0,15911                                  |

## 2. System metryczny:

TABELA № 31b.

| Średnica |                   | Krok gwintu | Głębokość gwintu | Średnica główki | Średnica |                   | Krok gwintu | Głębokość gwintu | Średnica główki |
|----------|-------------------|-------------|------------------|-----------------|----------|-------------------|-------------|------------------|-----------------|
| Zewn.    | we-<br>wnętrz.    |             |                  |                 | Zewn.    | we-<br>wnętrz.    |             |                  |                 |
| d mm     | d <sub>i</sub> mm |             |                  |                 | d mm     | d <sub>i</sub> mm |             |                  |                 |
| 6        | 4,59              | 1,00        | 0,705            | 12              | 22       | 18,48             | 2,5         | 1,76             | 35              |
| 7        | 5,59              | 1,00        | 0,705            | 13              | 24       | 19,78             | 3,0         | 2,11             | 38              |
| 8        | 6,24              | 1,25        | 0,880            | 15              | 27       | 22,78             | 3,0         | 2,11             | 42              |
| 9        | 7,24              | 1,25        | 0,880            | 16              | 30       | 25,08             | 3,5         | 2,46             | 46              |
| 10       | 7,89              | 1,50        | 1,055            | 18              | 33       | 28,08             | 3,5         | 2,46             | 50              |
| 11       | 8,89              | 1,50        | 1,055            | 19              | 36       | 30,37             | 4,0         | 2,81             | 54              |
| 12       | 9,54              | 1,75        | 1,230            | 21              | 39       | 33,37             | 4,0         | 2,815            | 58              |
| 14       | 11,19             | 2,00        | 1,405            | 23              | 42       | 35,67             | 4,5         | 3,165            | 63              |
| 16       | 13,19             | 2,00        | 1,405            | 26              | 45       | 38,67             | 4,5         | 3,165            | 67              |
| 18       | 14,48             | 2,50        | 1,760            | 29              | 48       | 40,96             | 5,0         | 3,520            | 71              |
| 20       | 16,48             | 2,50        | 1,760            | 32              | 52       | 44,96             | 5,0         | 3,520            | 77              |



rys. 52.

Gwint — trójkąt równoboczny, a więc kąt zaostrenia =  $60^\circ$ ;  $t_0 = 0,866 h$ ,  $t = \frac{1}{6} t_0$  (oznaczenia jednoznaczne z podaniami na rys. 51).

3. Waga śruby z główką i mutrą: (rys. 52). Dla wyrobienia śruby o głowce sześciokończastej potrzebny pręt długości:  $p = h + 7 d_i$ ; dla śrób o głowce kwadratowej:  $p = h + 7 d_i$ ; waga pręta długości  $p$

rowna się mniej więcej wadze śruby;  $D = 1,4d + 5 \text{ mm}$   
 $D_1 = 1,155 D$ ; często przyjmują  $D_1 = 2d$ ;  $u = 0,1 D$ ; średnica szajby przy spięciach metalu —  $D_0 = 1,3 D$ , dla drzewa  $D_0 = 3d$ . Strona kwadratowej główki śruby  $= 1,4d + 5 \text{ mm}$ .

#### 4. Nity.

Średnica nity  $d$  przyjmuje się zwykle = podwójnej grubości arkusza, mającego być przynitowanym. Ogólna grubość znitowanych części nie powinna być większą nad  $4d$ . Najmniejsza rozstawa pomiędzy środkami nit —  $3d$ . Natężenie dozwolone na zgniecenie od 1200 do 2000 kg/cm.

### TABELA № 32.

#### Nity.

| Średnica<br>nity | Pole<br>przekr.<br>poprz. | Średnica<br>główki | Wytrzymałość nity<br>nity na przecinanie<br>w kg., przy $\tau_1 =$ |       |                          | Waga<br>1000 szt.<br>główek |
|------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|-----------------------------|
| d mm.            | cm <sup>2</sup>           | mm.                | = 600                                                              | = 700 | = 800 kg/cm <sup>2</sup> | kg.                         |
| 10               | 0,785                     | 15                 | 470                                                                | 550   | 630                      | 4,52                        |
| 12               | 1,131                     | 18                 | 680                                                                | 790   | 900                      | 7,82                        |
| 14               | 1,539                     | 21                 | 920                                                                | 1080  | 1230                     | 12,41                       |
| 16               | 2,011                     | 24                 | 1210                                                               | 1410  | 1610                     | 18,53                       |
| 18               | 2,545                     | 27                 | 1530                                                               | 1780  | 2040                     | 26,38                       |
| 20               | 3,142                     | 30                 | 1880                                                               | 2200  | 2510                     | 36,19                       |
| 22               | 3,801                     | 33                 | 2280                                                               | 2660  | 3040                     | 48,17                       |
| 24               | 4,524                     | 36                 | 2710                                                               | 3170  | 3620                     | 62,54                       |
| 26               | 5,309                     | 39                 | 3190                                                               | 3720  | 4250                     | 79,51                       |
| 28               | 6,158                     | 42                 | 3690                                                               | 4310  | 4930                     | 99,31                       |
| 30               | 7,069                     | 45                 | 4240                                                               | 4950  | 5650                     | 122,15                      |

**k. Łańcuchy.**

Oznaczając: d—średnica żelaza w ogniwach, P—obciążenie dozwolone dla łańcuchów zwykłych, g — waga 1 m. b. łańcucha o ogniwach krótkich w kg.

**TABELA № 33a.**

waga i obciążenie bezpieczne łańcuchów zwykłych.

|    |      |      |      |      |      |       |       |       |       |        |
|----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| d= | 6    | 10   | 13   | 16   | 19   | 22    | 26    | 38    | 51    | mm.    |
| P= | 288  | 800  | 1350 | 2050 | 2890 | 3870  | 5400  | 11500 | 20800 | kg.    |
| g= | 0,80 | 2,25 | 3,80 | 5,75 | 8,15 | 11,00 | 15,20 | 34,00 | 60,00 | kg./m. |

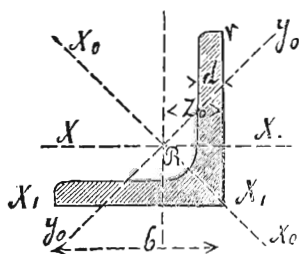
Obciążenie dozwolone dla łańcuchów do wind parowych =  $\frac{1}{2}$  P; średnica krążka do ręcznych wind nie mniej 20d., do parowych — 30d.

**TABELA № 33b.**

wagi i obciążeń bezpiecznych dla łańcuchów wyrobu  
 Akc. Tow. Warszawskich fabryk śrub i drutu, dawniej  
 M. Wołanowski.

| d   | P   | g    | d  | P    | g    | d    | P     | g     | d  | P     | g     |
|-----|-----|------|----|------|------|------|-------|-------|----|-------|-------|
| mm  | kg. | kg/m | mm | kg.  | kg/m | mm   | kg.   | kg/m  | mm | kg.   | kg/m  |
| 3,5 | 100 | 0,25 | 10 | 900  | 2,00 | 22   | 4900  | 11,50 | 35 | 12000 | 26,00 |
| 5,0 | 200 | 0,50 | 13 | 1600 | 3,75 | 25,5 | 6500  | 15,00 | 38 | 14500 | 32,50 |
| 6,5 | 375 | 0,90 | 16 | 2400 | 6,00 | 29   | 8000  | 17,50 | —  | —     | —     |
| 8,0 | 600 | 1,40 | 19 | 3600 | 8,50 | 32   | 10000 | 22,50 | —  | —     | —     |

## I. Kształtowniki.



## 1. Kątownik równoramienny;

profile normalne rosyjskie  
 $R = 0,5 (d \text{ max.} + d \text{ min.})$ ;  
 $r = 0,5 R$ . № profilu = szerokości ramienia w cm.

rys. 53.

## TABELA № 34a.

## Kątowniki równoramienne.

| profil<br>№ | Wymiary w mm. |   | Prze-<br>krój<br>w<br>cm. <sup>2</sup> | Waga<br>m. b.<br>g<br>kg. | Odległość<br>środk<br>ciężkości<br>Z <sub>0</sub><br>cm. | Momenty bezwładn.                              |                                    |                                                |                                                |
|-------------|---------------|---|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|             | b             | d |                                        |                           |                                                          | I <sub>x<sub>1</sub></sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x<sub>0</sub></sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>y<sub>0</sub></sub><br>cm. <sup>4</sup> |
| 1½          | 15            | 3 | 0,82                                   | 0,64                      | 0,47                                                     | 0,338                                          | 0,1528                             | 0,2397                                         | 0,0659                                         |
|             |               | 4 | 1,05                                   | 0,82                      | 0,51                                                     | 0,465                                          | 0,1897                             | 0,2921                                         | 0,0873                                         |
| 2           | 20            | 3 | 1,12                                   | 0,88                      | 0,60                                                     | 0,793                                          | 0,392                              | 0,619                                          | 0,1651                                         |
|             |               | 4 | 1,45                                   | 1,14                      | 0,64                                                     | 1,08                                           | 0,492                              | 0,771                                          | 0,2124                                         |
| 2½          | 25            | 3 | 1,43                                   | 1,12                      | 0,72                                                     | 1,535                                          | 0,798                              | 1,262                                          | 0,3333                                         |
|             |               | 4 | 1,86                                   | 1,46                      | 0,76                                                     | 2,084                                          | 1,012                              | 1,597                                          | 0,4273                                         |
|             |               | 5 | 2,27                                   | 1,78                      | 0,80                                                     | 2,646                                          | 1,206                              | 1,888                                          | 0,5241                                         |
| 3           | 30            | 3 | 1,73                                   | 1,36                      | 0,84                                                     | 2,654                                          | 1,424                              | 2,26                                           | 0,590                                          |
|             |               | 4 | 2,26                                   | 1,77                      | 0,83                                                     | 3,59                                           | 1,824                              | 2,884                                          | 0,764                                          |
|             |               | 5 | 2,77                                   | 2,17                      | 0,92                                                     | 4,54                                           | 2,183                              | 3,44                                           | 0,925                                          |
| 3½          | 35            | 4 | 2,67                                   | 2,10                      | 1,00                                                     | 5,64                                           | 2,954                              | 4,68                                           | 1,227                                          |
|             |               | 5 | 3,28                                   | 2,57                      | 1,04                                                     | 7,13                                           | 3,564                              | 5,64                                           | 1,493                                          |
|             |               | 6 | 3,87                                   | 3,04                      | 1,08                                                     | 8,65                                           | 4,13                               | 6,50                                           | 1,754                                          |
| 4           | 40            | 4 | 3,08                                   | 2,42                      | 1,12                                                     | 8,33                                           | 4,47                               | 7,09                                           | 1,859                                          |
|             |               | 5 | 3,79                                   | 2,97                      | 1,16                                                     | 10,54                                          | 5,43                               | 8,59                                           | 2,263                                          |
|             |               | 6 | 4,48                                   | 3,52                      | 1,20                                                     | 12,78                                          | 6,31                               | 9,98                                           | 2,654                                          |
|             |               | 7 | 5,15                                   | 4,04                      | 1,24                                                     | 15,06                                          | 7,14                               | 11,24                                          | 3,040                                          |
|             |               | 8 | 5,80                                   | 4,55                      | 1,28                                                     | 17,37                                          | 7,91                               | 12,40                                          | 3,434                                          |

| Nr i profilu | Wymiary w mm. |    | Prze-<br>krój<br>ω<br>cm. <sup>2</sup> | Waga<br>b. m.<br>g<br>kg. | Odległość<br>środk<br>ciężkości<br>Z <sub>0</sub><br>cm. | Momenty bezwładn.                              |                                    |                                                |                                    |
|--------------|---------------|----|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|
|              | b             | d  |                                        |                           |                                                          | I <sub>x<sub>1</sub></sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x<sub>0</sub></sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>y</sub><br>cm. <sup>4</sup> |
| 4 1/2        | 45            | 5  | 4,30                                   | 3,38                      | 1,28                                                     | 14,95                                          | 7,87                               | 12,48                                          | 3,27                               |
|              |               | 6  | 5,09                                   | 4,00                      | 1,32                                                     | 18,11                                          | 9,19                               | 14,55                                          | 3,84                               |
|              |               | 7  | 5,86                                   | 4,60                      | 1,36                                                     | 21,31                                          | 10,43                              | 16,47                                          | 4,39                               |
|              |               | 8  | 6,61                                   | 5,19                      | 1,40                                                     | 24,56                                          | 11,60                              | 18,25                                          | 4,95                               |
| 5            | 50            | 5  | 4,80                                   | 3,77                      | 1,40                                                     | 20,43                                          | 10,96                              | 17,38                                          | 4,55                               |
|              |               | 6  | 5,69                                   | 4,47                      | 1,44                                                     | 24,74                                          | 12,85                              | 20,34                                          | 5,35                               |
|              |               | 7  | 6,56                                   | 5,15                      | 1,48                                                     | 29,10                                          | 14,62                              | 23,10                                          | 6,13                               |
|              |               | 8  | 7,41                                   | 5,82                      | 1,52                                                     | 33,50                                          | 16,28                              | 25,70                                          | 6,87                               |
|              |               | 9  | 8,24                                   | 6,47                      | 1,56                                                     | 37,96                                          | 17,86                              | 28,10                                          | 7,63                               |
| 5 1/2        | 55            | 6  | 6,31                                   | 4,95                      | 1,56                                                     | 32,7                                           | 17,3                               | 27,4                                           | 7,19                               |
|              |               | 7  | 7,28                                   | 5,71                      | 1,60                                                     | 38,46                                          | 19,73                              | 31,2                                           | 8,22                               |
|              |               | 8  | 8,23                                   | 6,46                      | 1,64                                                     | 44,3                                           | 22,04                              | 34,8                                           | 9,24                               |
|              |               | 9  | 9,16                                   | 7,19                      | 1,68                                                     | 50,2                                           | 24,24                              | 38,2                                           | 10,25                              |
|              |               | 10 | 10,07                                  | 7,90                      | 1,72                                                     | 56,1                                           | 26,3                               | 41,4                                           | 11,26                              |
| 6            | 60            | 6  | 6,91                                   | 5,42                      | 1,69                                                     | 42,5                                           | 22,84                              | 36,15                                          | 9,53                               |
|              |               | 7  | 7,98                                   | 6,26                      | 1,73                                                     | 49,9                                           | 26,05                              | 41,3                                           | 10,89                              |
|              |               | 8  | 9,03                                   | 7,09                      | 1,77                                                     | 57,4                                           | 29,16                              | 46,15                                          | 12,16                              |
|              |               | 9  | 10,06                                  | 7,90                      | 1,81                                                     | 65,0                                           | 32,1                               | 50,7                                           | 13,5                               |
|              |               | 10 | 11,07                                  | 8,69                      | 1,85                                                     | 72,6                                           | 34,9                               | 55,1                                           | 14,8                               |
| 6 1/2        | 65            | 6  | 7,51                                   | 5,89                      | 1,81                                                     | 54,0                                           | 29,36                              | 46,6                                           | 12,14                              |
|              |               | 7  | 8,68                                   | 6,81                      | 1,85                                                     | 63,4                                           | 33,6                               | 53,3                                           | 13,9                               |
|              |               | 8  | 9,83                                   | 7,72                      | 1,89                                                     | 72,9                                           | 37,66                              | 59,7                                           | 15,63                              |
|              |               | 9  | 10,96                                  | 8,60                      | 1,93                                                     | 82,5                                           | 41,5                               | 65,7                                           | 17,34                              |
|              |               | 10 | 12,07                                  | 9,47                      | 1,97                                                     | 92,1                                           | 45,2                               | 71,5                                           | 19,03                              |
| 7            | 70            | 7  | 9,39                                   | 7,37                      | 1,97                                                     | 79,0                                           | 42,4                               | 67,3                                           | 17,53                              |
|              |               | 8  | 10,64                                  | 8,35                      | 2,02                                                     | 90,8                                           | 47,6                               | 75,5                                           | 19,7                               |
|              |               | 9  | 11,87                                  | 9,32                      | 2,06                                                     | 102,7                                          | 52,6                               | 83,3                                           | 21,9                               |
|              |               | 10 | 13,08                                  | 10,27                     | 2,09                                                     | 114,7                                          | 57,3                               | 90,7                                           | 24,0                               |
| 7 1/2        | 75            | 8  | 11,47                                  | 9,00                      | 2,13                                                     | 110,9                                          | 58,9                               | 93,3                                           | 24,4                               |
|              |               | 9  | 12,80                                  | 10,05                     | 2,17                                                     | 125,5                                          | 65,1                               | 103,2                                          | 27,1                               |
|              |               | 10 | 14,11                                  | 11,08                     | 2,21                                                     | 140,2                                          | 71,2                               | 112,7                                          | 29,7                               |
|              |               | 11 | 15,40                                  | 12,09                     | 2,25                                                     | 155,0                                          | 77,0                               | 121,7                                          | 32,3                               |
|              |               | 12 | 16,67                                  | 13,09                     | 2,29                                                     | 170,0                                          | 82,6                               | 130,3                                          | 34,86                              |



| № 34 profilu | Wymiary<br>w<br>mm. |    | Prze-<br>krój<br>$\omega$<br>cm. <sup>2</sup> | Waga<br>m. b.<br>g<br>kg. | Odległość<br>środku<br>ciężkości<br>Z <sub>0</sub><br>cm. | Momenty bezwładn.                   |                                    |                                     |                                     |
|--------------|---------------------|----|-----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|              | b                   | d  |                                               |                           |                                                           | I <sub>x1</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x0</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>y0</sub><br>cm. <sup>4</sup> |
| 8            | 80                  | 8  | 12,27                                         | 9,63                      | 2,25                                                      | 134,6                               | 72,5                               | 114,6                               | 30,4                                |
|              |                     | 9  | 13,70                                         | 10,75                     | 2,30                                                      | 152,2                               | 79,8                               | 126,9                               | 32,65                               |
|              |                     | 10 | 15,11                                         | 11,86                     | 2,34                                                      | 170,0                               | 87,2                               | 138,6                               | 35,8                                |
|              |                     | 11 | 16,50                                         | 12,95                     | 2,37                                                      | 187,8                               | 95,1                               | 149,9                               | 40,3                                |
|              |                     | 12 | 17,87                                         | 14,03                     | 2,41                                                      | 205,8                               | 102,0                              | 160,7                               | 43,26                               |
| 9            | 90                  | 9  | 15,52                                         | 12,18                     | 2,54                                                      | 215,9                               | 115,7                              | 183,8                               | 47,7                                |
|              |                     | 10 | 17,13                                         | 13,45                     | 2,58                                                      | 241,0                               | 127,0                              | 201,3                               | 52,5                                |
|              |                     | 11 | 18,72                                         | 14,69                     | 2,62                                                      | 266,0                               | 137,6                              | 218,0                               | 57,1                                |
|              |                     | 12 | 20,29                                         | 15,93                     | 2,66                                                      | 291,5                               | 148,0                              | 234,4                               | 61,4                                |
|              |                     | 13 | 21,84                                         | 17,14                     | 2,70                                                      | 317,0                               | 157,8                              | 250,0                               | 65,5                                |
| 10           | 100                 | 9  | 17,36                                         | 13,63                     | 2,78                                                      | 294,5                               | 160,3                              | 255                                 | 65,7                                |
|              |                     | 10 | 19,17                                         | 15,05                     | 2,82                                                      | 328,7                               | 176,3                              | 280                                 | 72,7                                |
|              |                     | 11 | 20,96                                         | 16,45                     | 2,86                                                      | 363,0                               | 191,6                              | 304                                 | 79,3                                |
|              |                     | 12 | 22,73                                         | 17,84                     | 2,90                                                      | 397,6                               | 206,4                              | 327                                 | 85,7                                |
|              |                     | 13 | 24,48                                         | 19,22                     | 2,94                                                      | 432                                 | 220,7                              | 349,6                               | 91,8                                |
|              |                     | 14 | 26,21                                         | 20,57                     | 2,98                                                      | 467                                 | 234,5                              | 371                                 | 97,6                                |
|              |                     | 15 | 27,92                                         | 21,92                     | 3,02                                                      | 502                                 | 247,7                              | 392                                 | 103,1                               |
|              |                     | 16 | 29,61                                         | 23,24                     | 3,05                                                      | 538                                 | 262                                | 412,5                               | 112,0                               |
| 12           | 120                 | 10 | 23,18                                         | 18,20                     | 3,31                                                      | 567                                 | 313,5                              | 497                                 | 130                                 |
|              |                     | 12 | 27,54                                         | 21,62                     | 3,40                                                      | 685                                 | 367                                | 584                                 | 150,4                               |
|              |                     | 14 | 31,82                                         | 24,98                     | 3,48                                                      | 804                                 | 419                                | 666                                 | 172                                 |
|              |                     | 16 | 36,02                                         | 28,28                     | 3,55                                                      | 924                                 | 470                                | 743                                 | 197,3                               |
| 14           | 140                 | 12 | 32,37                                         | 25,41                     | 3,89                                                      | 1086                                | 596                                | 947                                 | 245                                 |
|              |                     | 14 | 37,45                                         | 29,40                     | 3,97                                                      | 1273                                | 683                                | 1084                                | 281,3                               |
|              |                     | 16 | 42,45                                         | 33,32                     | 4,05                                                      | 1462                                | 765                                | 1215                                | 315,8                               |

## 2. Kątowniki nierównoramienne. (rys. 54).

Profile normalne rosyjskie.

 $R=0,5$  ( $d \max + d \min$ );  $r=0,5 R$ 

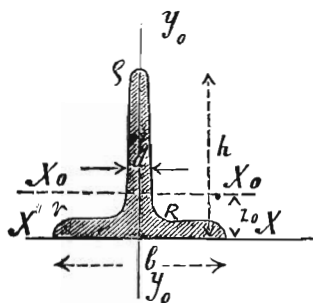
TABELA № 34.

rys. 54.

Kątowniki nierównoramienne.

| N. № profilu                     | Wymiary w mm |     |    | Prze-<br>kroj. | Waga<br>m. b.<br>g.<br>kg. | Odległość<br>środku<br>ciężkości |              | MOMENTY<br>BEZWŁADNOŚCI       |                               |                           |                           |
|----------------------------------|--------------|-----|----|----------------|----------------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                  | h            | b   | d  |                |                            | $X_0$<br>cm.                     | $Y_0$<br>cm. | $I_{x_1}$<br>cm. <sup>4</sup> | $I_{y_1}$<br>cm. <sup>4</sup> | $I_x$<br>cm. <sup>4</sup> | $I_y$<br>cm. <sup>4</sup> |
| 3 2                              | 30           | 20  | 3  | 1,42           | 1,11                       | 0,50                             | 0,99         | 2,66                          | 0,802                         | 1,267                     | 0,417                     |
|                                  |              |     | 4  | 1,85           | 1,45                       | 0,54                             | 1,03         | 3,58                          | 1,101                         | 1,597                     | 0,561                     |
| 4 2                              | 40           | 20  | 4  | 2,26           | 1,77                       | 0,48                             | 1,46         | 8,41                          | 1,112                         | 3,586                     | 0,593                     |
|                                  |              |     | 6  | 2,77           | 2,17                       | 0,52                             | 1,50         | 10,57                         | 1,452                         | 4,34                      | 0,706                     |
| 1 <sub>2</sub>  3                | 45           | 30  | 4  | 2,87           | 2,25                       | 0,74                             | 1,47         | 11,95                         | 3,584                         | 5,74                      | 2,03                      |
|                                  |              |     | 6  | 4,17           | 3,27                       | 0,81                             | 1,55         | 18,16                         | 5,59                          | 8,08                      | 2,83                      |
| 5 2 <sub>1</sub>                 | 50           | 25  | 5  | 3,54           | 2,78                       | 0,60                             | 1,82         | 20,48                         | 2,606                         | 8,74                      | 1,336                     |
|                                  |              |     | 7  | 4,80           | 3,77                       | 0,67                             | 1,91         | 28,95                         | 4,07                          | 11,52                     | 1,89                      |
| 6 3                              | 60           | 30  | 6  | 5,09           | 4,00                       | 0,72                             | 2,19         | 42,5                          | 5,62                          | 18,13                     | 2,936                     |
|                                  |              |     | 8  | 6,61           | 5,19                       | 0,80                             | 2,27         | 57,14                         | 7,95                          | 22,97                     | 3,75                      |
| 6 4                              | 60           | 40  | 6  | 5,69           | 4,47                       | 1,01                             | 1,99         | 42,6                          | 12,84                         | 20,06                     | 7,07                      |
|                                  |              |     | 8  | 7,41           | 5,82                       | 1,08                             | 2,07         | 57,3                          | 17,63                         | 25,5                      | 8,91                      |
| 7 <sub>1</sub>  2 <sub>1</sub> 5 | 75           | 50  | 6  | 7,21           | 5,66                       | 1,20                             | 2,43         | 84,6                          | 24,75                         | 42,2                      | 14,33                     |
|                                  |              |     | 8  | 9,43           | 7,40                       | 1,28                             | 2,51         | 111,4                         | 33,77                         | 51,9                      | 18,27                     |
|                                  |              |     | 10 | 11,57          | 9,08                       | 1,36                             | 2,59         | 140,2                         | 43,2                          | 62,5                      | 21,84                     |
| 8 4                              | 80           | 40  | 6  | 6,91           | 5,42                       | 0,88                             | 2,84         | 100,6                         | 12,88                         | 44,8                      | 7,52                      |
|                                  |              |     | 8  | 9,03           | 7,09                       | 0,96                             | 2,93         | 135                           | 17,89                         | 57,5                      | 9,55                      |
|                                  |              |     | 10 | 11,07          | 8,69                       | 1,04                             | 3,01         | 169,7                         | 23,3                          | 69,1                      | 11,36                     |
| 9 6                              | 90           | 60  | 8  | 11,45          | 8,99                       | 1,48                             | 2,95         | 192,0                         | 57,6                          | 92,1                      | 32,65                     |
|                                  |              |     | 10 | 14,09          | 11,06                      | 1,56                             | 3,04         | 241,4                         | 73,4                          | 111,4                     | 39,3                      |
| 10 5                             | 100          | 50  | 8  | 11,45          | 8,99                       | 1,12                             | 3,59         | 263,3                         | 34,0                          | 116,0                     | 19,53                     |
|                                  |              |     | 10 | 14,09          | 11,06                      | 1,20                             | 3,67         | 330,6                         | 43,84                         | 140,6                     | 23,42                     |
| 10 6 <sub>1</sub>                | 100          | 65  | 8  | 12,65          | 9,93                       | 1,56                             | 3,28         | 263,5                         | 73,2                          | 127,1                     | 42,5                      |
|                                  |              |     | 10 | 15,59          | 12,21                      | 1,64                             | 3,37         | 331,0                         | 93,0                          | 154,3                     | 51,2                      |
| 12 8                             | 120          | 80  | 10 | 19,13          | 15,02                      | 1,95                             | 3,92         | 570                           | 170,7                         | 275,6                     | 98,2                      |
|                                  |              |     | 12 | 22,69          | 17,81                      | 2,03                             | 4,00         | 686                           | 207,5                         | 323                       | 114,3                     |
| 13 8 <sub>1</sub>                | 130          | 85  | 10 | 20,65          | 16,21                      | 2,02                             | 4,24         | 723                           | 203,8                         | 351                       | 119,1                     |
|                                  |              |     | 12 | 24,51          | 19,24                      | 2,10                             | 4,32         | 871                           | 247,6                         | 412                       | 139                       |
|                                  |              |     | 14 | 28,29          | 22,21                      | 2,18                             | 4,41         | 1020                          | 292,5                         | 470                       | 158                       |
| 15 7 <sub>1</sub>                | 150          | 75  | 10 | 21,63          | 16,98                      | 1,61                             | 5,32         | 1113                          | 142                           | 501                       | 85,8                      |
|                                  |              |     | 12 | 25,69          | 20,17                      | 1,69                             | 5,41         | 1340                          | 173,6                         | 589                       | 99,9                      |
| 15 10                            | 150          | 100 | 11 | 26,47          | 20,78                      | 2,38                             | 4,84         | 1222                          | 365                           | 601                       | 215,2                     |
|                                  |              |     | 13 | 30,99          | 24,33                      | 2,46                             | 4,93         | 1150                          | 435                           | 697                       | 248,3                     |
|                                  |              |     | 15 | 35,43          | 27,81                      | 2,53                             | 5,01         | 1678                          | 507                           | 789                       | 280                       |
| 16 8                             | 160          | 80  | 12 | 27,54          | 21,62                      | 1,77                             | 5,72         | 1620                          | 208,5                         | 719                       | 122                       |
|                                  |              |     | 14 | 31,82          | 24,98                      | 1,85                             | 5,80         | 1896                          | 247,6                         | 823                       | 138,5                     |

## 3. Teowniki. (rys. 55).



rys. 55.

Profile normalne rosyjskie

 $R = d$ ;  $r = 0,5 d$ ;  $(\rho) = 0,25 d$ .

## α. TABELA № 35.

Teowniki szerokopasowe;

 $h = 0,5b$ ; pochyłość: powierzchni

ni pasa — 2%, środnika 4%.

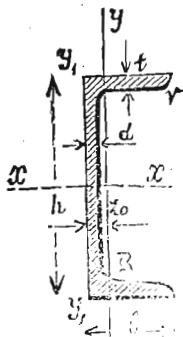
| № profilu | Wymiary w mm. |    |    | Prze-<br>krój<br>$\epsilon$<br>cm. <sup>2</sup> | Waga<br>m. b.<br>$\kappa$<br>g. | Odległość<br>środka<br>ciężkości<br>$Z$<br>cm | Momenty bez-<br>władności |          |          |
|-----------|---------------|----|----|-------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|----------|----------|
|           | b             | h  | d  |                                                 |                                 |                                               | $I_x$                     | $I_{x0}$ | $I_{y0}$ |
| 5/2,5     | 50            | 25 | 5  | 3,52                                            | 2,76                            | 0,59                                          | 2,65                      | 1,41     | 4,82     |
| 6/3       | 60            | 30 | 6  | 5,06                                            | 3,97                            | 0,71                                          | 5,49                      | 2,92     | 9,99     |
| 7/3,5     | 70            | 35 | 6  | 5,95                                            | 4,67                            | 0,79                                          | 8,48                      | 4,76     | 15,77    |
| 8/4       | 80            | 40 | 7  | 7,92                                            | 6,22                            | 0,91                                          | 14,82                     | 8,26     | 27,50    |
| 9/4,5     | 90            | 45 | 8  | 10,18                                           | 7,99                            | 1,03                                          | 24,20                     | 13,40    | 44,80    |
| 10/5      | 100           | 50 | 9  | 12,72                                           | 9,99                            | 1,15                                          | 37,40                     | 20,64    | 69,10    |
| 12/6      | 120           | 60 | 10 | 17,02                                           | 13,36                           | 1,34                                          | 70,90                     | 40,10    | 132,2    |
| 13/6,5    | 130           | 65 | 10 | 18,50                                           | 14,52                           | 1,42                                          | 89,0                      | 51,6     | 167,5    |
| 14/7      | 140           | 70 | 12 | 23,80                                           | 18,68                           | 1,58                                          | 135,7                     | 76,1     | 252,3    |
| 16/8      | 160           | 80 | 13 | 26,53                                           | 23,18                           | 1,78                                          | 217,5                     | 124,1    | 407,0    |

$\beta$  TABELA № 36.

Teowniki wysokośrodkowe:  $h = b$ ;  
 pochyłość powierzchni pasa i środka — 2%.

| № profilu | Wymiary w mm |    |     | Przekrój<br>$\omega$<br>cm <sup>2</sup> | Waga m. h.<br>kg. | Odległość<br>środku cięż-<br>kości $Z_0$ cm. | Momenty bezwładności     |                              |                              |
|-----------|--------------|----|-----|-----------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
|           | b            | h  | d   |                                         |                   |                                              | $J_x$<br>cm <sup>4</sup> | $J_{x_0}$<br>cm <sup>4</sup> | $J_{y_0}$<br>cm <sup>4</sup> |
| 2,5 2,5   | 25           | 25 | 3,5 | 1,64                                    | 1,29              | 0,72                                         | 1,71                     | 0,86                         | 0,44                         |
| 3,5 3,5   | 35           | 35 | 4,5 | 2,96                                    | 2,32              | 0,99                                         | 5,98                     | 3,08                         | 1,55                         |
| 4,5 4,5   | 45           | 45 | 5,5 | 4,67                                    | 3,67              | 1,26                                         | 15,44                    | 8,05                         | 4,01                         |
| 5 5       | 50           | 50 | 6   | 5,66                                    | 4,44              | 1,38                                         | 23,06                    | 12,20                        | 5,99                         |
| 7 7       | 70           | 70 | 8   | 10,59                                   | 8,31              | 1,93                                         | 83,9                     | 44,3                         | 21,9                         |
| 8 8       | 80           | 80 | 9   | 13,63                                   | 10,70             | 2,20                                         | 140,6                    | 74,6                         | 36,8                         |
| 9 9       | 90           | 90 | 10  | 17,05                                   | 13,38             | 2,47                                         | 222                      | 118                          | 58,2                         |

## 4. Żelazo korytkowe.



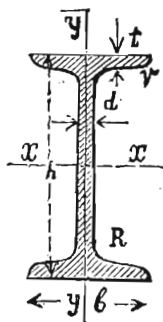
rys. 56.

Profile normalne rosyjskie:  $b = 0,25 h + 25$  mm.;  
 $d = 0,025 h + 4$  mm. przy  $h < 100$  mm.;  $d = 0,025 h + 3,5$  mm.  
 przy  $h > 100$  mm.;  $t = 1,5 d$ ;  $R = t$ ;  $r = 0,5 t$ ; pochyłość we-  
 wnętrzych powierzchni pasów — 8%.

TABELA № 37.

| №<br>profilu | Wymiary<br>w mm. |     |      |      | Prze-<br>siek<br>cm <sup>2</sup> | Waga<br>m b.<br>kg. | Odległ.<br>śr. ciężk.<br>Z <sub>0</sub><br>cm. | Momenty<br>bezwładn.              |                                   |                                   | Momenty<br>wytrzym.               |                                   | $\frac{W_x}{W_y} = u$ |
|--------------|------------------|-----|------|------|----------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|              | h                | b   | d    | t    |                                  |                     |                                                | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> |                       |
| 5            | 50               | 38  | 5    | 7,5  | 7,47                             | 5,86                | 1,41                                           | 24,2                              | 27,57                             | 9,44                              | 11,03                             | 3,942                             | 2,8                   |
| 6 1/2        | 65               | 42  | 5,5  | 8    | 9,62                             | 7,55                | 1,43                                           | 34,8                              | 59,9                              | 14,98                             | 18,43                             | 5,42                              | 3,4                   |
| 8            | 80               | 45  | 6    | 9    | 11,85                            | 9,30                | 1,53                                           | 48,4                              | 113,9                             | 20,9                              | 28,5                              | 7,02                              | 4,06                  |
| 10           | 100              | 50  | 6    | 9    | 13,92                            | 10,93               | 1,60                                           | 65,6                              | 213,2                             | 30,16                             | 42,65                             | 8,86                              | 4,81                  |
| 12           | 120              | 55  | 6,5  | 9,5  | 17,26                            | 13,55               | 1,65                                           | 92,0                              | 371,6                             | 44,9                              | 61,9                              | 11,67                             | 5,3                   |
| 14           | 140              | 60  | 7    | 10,5 | 20,92                            | 16,42               | 1,80                                           | 132,2                             | 624                               | 64,5                              | 89,2                              | 15,35                             | 5,8                   |
| 16           | 160              | 65  | 7,5  | 11   | 24,92                            | 19,56               | 1,86                                           | 175,6                             | 954                               | 89,0                              | 119,2                             | 19,2                              | 6,2                   |
| 18           | 180              | 70  | 8    | 12   | 29,26                            | 22,97               | 2,01                                           | 239,6                             | 1433                              | 121                               | 159,2                             | 24,26                             | 6,54                  |
| 20           | 200              | 75  | 8,5  | 12,5 | 33,93                            | 26,64               | 2,08                                           | 306                               | 2018                              | 159,2                             | 202                               | 29,4                              | 6,84                  |
| 22           | 220              | 80  | 9    | 13,5 | 38,94                            | 30,57               | 2,23                                           | 402                               | 2831                              | 207,8                             | 257,3                             | 36,0                              | 7,15                  |
| 24           | 240              | 85  | 9,5  | 14   | 44,28                            | 34,76               | 2,30                                           | 499                               | 3773                              | 264                               | 314,4                             | 42,6                              | 7,38                  |
| 26           | 260              | 90  | 10   | 15   | 49,95                            | 39,21               | 2,45                                           | 635                               | 5045                              | 334                               | 388                               | 51,0                              | 7,6                   |
| 28           | 280              | 95  | 10,5 | 15,5 | 55,96                            | 43,93               | 2,53                                           | 771                               | 6472                              | 413                               | 462                               | 59,2                              | 7,8                   |
| 30           | 300              | 100 | 11   | 16,5 | 62,30                            | 48,91               | 2,68                                           | 957                               | 8361                              | 510                               | 557                               | 69,7                              | 8,0                   |

## 5. Żelazo dwuteowe.



rys. 57.

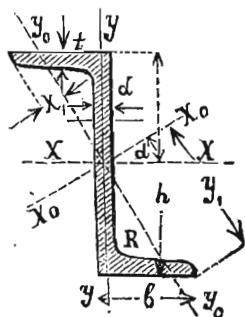
Profile normalne rosyjskie:  $b = 0,32 h + 25$  mm.;  $d = 0,03 h + 1,5$  mm.;  $t = 1,4 d$ ;  $R = d$ ;  $r = 0,6 d$ . Pochyłość wewnętrznych powierzchni — 14% N profilu = wysokości h w cm.

## TABELA № 38.

Dwuteowniki. (rys: 57).

| № profilu | Wymiary<br>w mm. |       |      |      | ε<br>Przekrój<br>cm <sup>2</sup> | Waga<br>m. b.<br>kg. | Moment<br>bezładn.                |                                   | Moment<br>wytrzym.                |                                   | $\frac{W_x}{W_y}$<br>= u |
|-----------|------------------|-------|------|------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|           | h                | b     | d    | t    |                                  |                      | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> |                          |
| 8         | 80               | 50,6  | 3,9  | 5,5  | 8,16                             | 6,41                 | 86,3                              | 9,71                              | 21,6                              | 3,84                              | 5,62                     |
| 10        | 100              | 57,0  | 4,5  | 6,3  | 11,03                            | 8,66                 | 180,4                             | 16,1                              | 36,1                              | 5,65                              | 6,39                     |
| 12        | 120              | 63,4  | 5,1  | 7,1  | 14,34                            | 11,26                | 334,4                             | 25,2                              | 55,7                              | 7,95                              | 7,01                     |
| 14        | 140              | 69,8  | 5,7  | 7,9  | 18,08                            | 14,19                | 569                               | 37,7                              | 81,3                              | 10,8                              | 7,53                     |
| 16        | 160              | 76,2  | 6,3  | 8,8  | 22,26                            | 17,47                | 909                               | 54,3                              | 113,6                             | 14,26                             | 7,93                     |
| 18        | 180              | 82,6  | 6,9  | 9,6  | 26,87                            | 21,09                | 1381                              | 75,9                              | 153,4                             | 18,40                             | 8,32                     |
| 20        | 200              | 89,0  | 7,5  | 10,4 | 31,91                            | 25,05                | 2014                              | 103,4                             | 201,4                             | 23,24                             | 8,66                     |
| 22        | 220              | 95,4  | 8,1  | 11,3 | 37,38                            | 29,34                | 2843                              | 137,5                             | 258,5                             | 28,83                             | 8,96                     |
| 24        | 240              | 101,8 | 8,7  | 12,1 | 43,29                            | 33,98                | 3903                              | 180                               | 325                               | 35,36                             | 9,19                     |
| 26        | 260              | 108,2 | 9,3  | 13   | 49,63                            | 38,96                | 5234                              | 231                               | 403                               | 42,75                             | 9,42                     |
| 28        | 280              | 114,6 | 9,9  | 13,9 | 56,40                            | 44,27                | 6878                              | 293                               | 491                               | 51,1                              | 9,61                     |
| 30        | 300              | 121,0 | 10,5 | 14,7 | 63,61                            | 49,93                | 8881                              | 366                               | 592                               | 60,5                              | 9,78                     |
| 32        | 320              | 127,4 | 11,1 | 15,5 | 71,25                            | 55,93                | 11292                             | 452                               | 706                               | 70,9                              | 9,96                     |
| 34        | 340              | 133,8 | 11,7 | 16,4 | 79,32                            | 62,27                | 14161                             | 552                               | 833                               | 82,5                              | 10,1                     |
| 36        | 360              | 140,2 | 12,3 | 17,2 | 87,82                            | 68,94                | 17544                             | 668                               | 975                               | 95,3                              | 10,2                     |
| 38        | 380              | 146,6 | 12,9 | 18,0 | 96,76                            | 75,96                | 21499                             | 801                               | 1132                              | 109,3                             | 10,35                    |
| 40        | 400              | 153,0 | 13,5 | 18,9 | 106,13                           | 83,31                | 26087                             | 954                               | 1304                              | 124,7                             | 20,45                    |

## 6. Żelazo zetowe.



rys. 58.

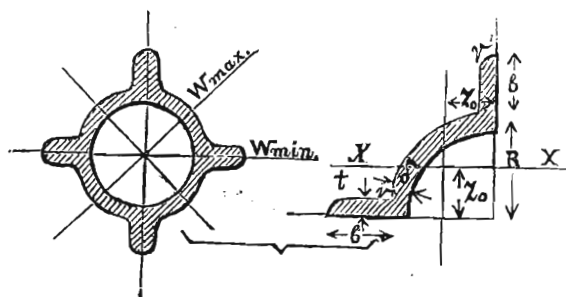
Profile normalne rosyjskie:  $b = 0,25 h + 30 \text{ mm.}$ ,  $d = 0,035 h + 3 \text{ mm.}$ ,  $t = 1,5 d$ ,  $R = t$ ,  $r = 0,5 t$ .  
Długość normalna 4–8 m., największa — 12 m.

TABELA № 39.

Zetowniki.

| № profilu | Wymiary w mm.                      |                                    |      | Pole przekr.<br>s<br>cm. <sup>2</sup> | Waga m. b.<br>g<br>kg.                                | Moment bezwładności                |                                    |                                     |                                     |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|           | h                                  | b                                  | d    |                                       |                                                       | I <sub>x</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>y</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>x0</sub><br>cm. <sup>4</sup> | I <sub>y0</sub><br>cm. <sup>4</sup> |
| 4         | 40                                 | 40                                 | 4,5  | 6,55                                  | 5,14                                                  | 15,24                              | 22,74                              | 26,5                                | 11,53                               |
| 6         | 60                                 | 45                                 | 5    | 9,18                                  | 7,21                                                  | 50,0                               | 37,4                               | 62,0                                | 25,37                               |
| 8         | 80                                 | 50                                 | 6    | 12,51                                 | 9,82                                                  | 120,3                              | 57,4                               | 135,6                               | 42,1                                |
| 10        | 100                                | 55                                 | 6,5  | 16,01                                 | 12,57                                                 | 241,1                              | 85,6                               | 262,4                               | 64,4                                |
| 12        | 120                                | 60                                 | 7    | 19,89                                 | 15,61                                                 | 431,5                              | 123,1                              | 456,9                               | 97,7                                |
| 14        | 140                                | 65                                 | 8    | 24,74                                 | 19,42                                                 | 719                                | 169,8                              | 759                                 | 130,7                               |
| 16        | 160                                | 70                                 | 8,5  | 29,48                                 | 23,14                                                 | 1119                               | 231                                | 1172                                | 178,6                               |
| 18        | 180                                | 75                                 | 9    | 34,61                                 | 27,17                                                 | 1662                               | 307,5                              | 1731                                | 238,4                               |
| 20        | 200                                | 80                                 | 10   | 41,72                                 | 32,75                                                 | 2448                               | 411,2                              | 2535                                | 324                                 |
| 25        | 250                                | 90                                 | 12   | 59,02                                 | 46,33                                                 | 5306                               | 693                                | 5441                                | 558                                 |
| № profilu | Moment wytrzymał.                  |                                    | tg α | α°                                    | Odległość najdalej oddalonych punktów od osi głównych |                                    |                                    | y <sub>1</sub><br>cm.               |                                     |
|           | W <sub>x</sub><br>cm. <sup>3</sup> | W <sub>y</sub><br>cm. <sup>3</sup> |      |                                       | X <sub>1</sub><br>cm.                                 | X <sub>2</sub><br>cm.              |                                    |                                     |                                     |
| 4         | 6,20                               | 6,25                               | 1,74 | 60°5'                                 | 1,85                                                  | 0,59                               |                                    | 4,27                                |                                     |
| 6         | 12,67                              | 12,42                              | 0,70 | 35°0'                                 | 1,93                                                  | 2,04                               |                                    | 4,90                                |                                     |
| 8         | 24,4                               | 14,57                              | 0,44 | 23°51'                                | 1,89                                                  | 2,89                               |                                    | 5,56                                |                                     |
| 10        | 40,9                               | 18,74                              | 0,35 | 19°7'                                 | 1,94                                                  | 3,43                               |                                    | 6,42                                |                                     |
| 12        | 62,7                               | 24,37                              | 0,28 | 15°26'                                | 1,93                                                  | 4,01                               |                                    | 7,29                                |                                     |
| 14        | 91,4                               | 30,24                              | 0,26 | 14°27'                                | 2,13                                                  | 4,32                               |                                    | 8,30                                |                                     |
| 16        | 126                                | 37,83                              | 0,24 | 13°17'                                | 2,25                                                  | 4,72                               |                                    | 9,30                                |                                     |
| 18        | 168                                | 46,7                               | 0,22 | 12°26'                                | 2,38                                                  | 5,11                               |                                    | 10,31                               |                                     |
| 20        | 224,5                              | 58,6                               | 0,20 | 11°26'                                | 2,48                                                  | 5,53                               |                                    | 11,29                               |                                     |
| 25        | 392                                | 87,6                               | 0,17 | 6°34'                                 | 2,67                                                  | 6,37                               |                                    | 13,89                               |                                     |

## 7. Słupowniki.



rys. 59.

$r_1 = 0,12 R$ ;  $r = 0,06 R$ . Pole przekroju jednego ćwierciownika:

$$\omega = 2 b t + \frac{1}{4} \pi R \delta + 0,00464 R^2$$

Długość normalna 4 do 8 m.; długość największa — 12 m. Odległość środka ciężkości jednego ćwierciownika

$$Z_0 = \frac{1}{\omega} \left[ b t \left( R + \frac{\delta}{2} + \frac{b}{2} + \frac{t}{2} \right) + R^2 \delta + \frac{1}{12} \delta^3 \right] + \frac{1}{\omega} 0,215 R^2 (0,0054 d_1 + 0,0011 t - 0,0036 b).$$

Moment bezwładności słupownika (całej rury):

$$J = \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d^4) + \frac{t (H^3 - d_1^3)}{6} + \frac{2 t^3 (H - d_1)}{3}$$

Moment wytrzymałości słupownika:

$$W_{min} = \frac{2 J}{H}; W_{max} \approx J: \left( \frac{1}{2} H \sin 45^\circ + r \right)$$

Moment wytrzymałości jednego ćwierciownika

$$J_x = \frac{1}{4} J - \omega Z_0^2$$

w tych wzorach:

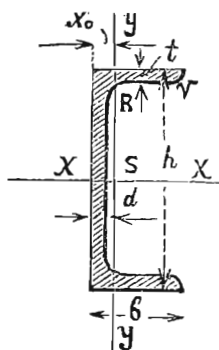
$$d_1 = 2 R + \delta; d = 2 R - \delta; H = 2 R + 2 b + \delta.$$







## 10. Żelazo korytkowe (ceowniki).



Profile normalne niemieckie; długość normalna — 4 do 8 m., długość największa—12 m.;  $R=t$ ;  $r=0,5t$ ; grubość pasa  $t$ , mierzy się w odległości  $\frac{1}{2}b$  od krawędzi;  $I_{x1}$  — moment bezwładności odpowiedni do zewnętrznej pionowej krawędzi profilu;  $i_1$  i  $i_2$  — odległości w świetle 2-ch koryt  $\left. \begin{matrix} ] \\ ] \\ ] \end{matrix} \right\} i_1 < \left. \begin{matrix} [ \\ [ \\ [ \end{matrix} \right\} i_2 <$  przy których obydwa główne momenty bezwładności są sobie równe ( $=2 I_x$ ),

rys. 63.

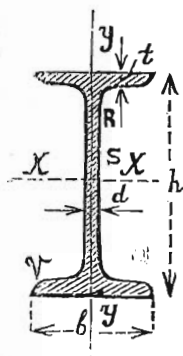
## TABELA № 43.

Ceowniki.

| № profilu | h   | b   | d   | t    | F                | g      | $x_0$ | $I_x$            | $I_y$            | $I_z$            | $W_x$            | $W_y$            | $i_1$ | $i_2$ |
|-----------|-----|-----|-----|------|------------------|--------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|
|           | mm. | mm. | mm. | mm.  | cm. <sup>2</sup> | kg./m. | cm.   | cm. <sup>4</sup> | cm. <sup>4</sup> | cm. <sup>4</sup> | cm. <sup>3</sup> | cm. <sup>3</sup> | mm.   | mm.   |
| 3         | 30  | 33  | 5   | 7    | 5,44             | 4,24   | 1,81  | 6,39             | 5,33             | 14,7             | 4,26             | 2,86             | —     | —     |
| 4         | 40  | 35  | 5   | 7    | 6,21             | 4,85   | 1,33  | 14,10            | 6,68             | 17,7             | 7,10             | 3,08             | —     | —     |
| 5         | 50  | 38  | 5   | 7    | 7,12             | 5,55   | 1,37  | 26,40            | 9,12             | 22,5             | 10,6             | 3,75             | 3,8   | —     |
| 6 1/2     | 65  | 42  | 5,5 | 7,5  | 9,03             | 7,05   | 1,42  | 57,5             | 14,1             | 32,3             | 17,7             | 5,06             | 15,4  | —     |
| 8         | 80  | 45  | 6   | 8    | 11,00            | 8,62   | 1,45  | 106              | 19,4             | 43,2             | 26,5             | 6,37             | 27,1  | —     |
| 10        | 100 | 50  | 6   | 8,5  | 13,50            | 10,50  | 1,55  | 206              | 29,3             | 61,7             | 41,1             | 8,50             | 41,4  | 3,4   |
| 12        | 120 | 55  | 7   | 9    | 17,00            | 13,30  | 1,60  | 364              | 43,2             | 86,7             | 62,7             | 11,10            | 54,9  | 8,6   |
| 14        | 140 | 60  | 7   | 10,5 | 20,40            | 16,01  | 1,75  | 605              | 62,7             | 125              | 86,4             | 14,80            | 68,1  | 18,1  |
| 16        | 160 | 65  | 7,5 | 10,5 | 24,00            | 18,70  | 1,84  | 925              | 85,3             | 166              | 116              | 18,30            | 81,5  | 25,1  |
| 18        | 180 | 70  | 8   | 11   | 28,00            | 21,80  | 1,92  | 1354             | 114              | 217              | 150              | 22,40            | 94,7  | 31,5  |
| 20        | 200 | 75  | 8,5 | 11,5 | 32,20            | 25,10  | 2,01  | 1911             | 148              | 278              | 191              | 27,00            | 108   | 38,2  |
| 22        | 220 | 80  | 9   | 12,5 | 37,40            | 29,20  | 2,14  | 2690             | 197              | 368              | 245              | 33,60            | 120   | 46,1  |
| 24        | 240 | 85  | 9,5 | 13   | 42,30            | 33,00  | 2,23  | 3598             | 248              | 456              | 300              | 39,60            | 133   | 52,6  |
| 26        | 260 | 90  | 10  | 14   | 48,30            | 37,70  | 2,36  | 4823             | 317              | 586              | 371              | 47,80            | 146   | 60,4  |
| 28        | 280 | 95  | 10  | 15   | 53,30            | 41,60  | 2,53  | 6276             | 399              | 740              | 450              | 57,20            | 159   | 70,6  |
| 30        | 300 | 100 | 10  | 16   | 58,80            | 45,80  | 2,70  | 8026             | 495              | 924              | 535              | 67,80            | 172   | 80,3  |

## 11. Żelazo dwuteowe.

Profile normalne niemieckie.



rys. 64.

Długość normalna — 4 do 10 m.,  
 długość największa — 14 do 20 m. Pro-  
 mień zaokrąglenia  $R = d$ ;  $r = 0,6 d$ ;  
 grubość pasów  $t$  mierzona w odległo-  
 ści  $\frac{1}{4} b$  od krawędzi.

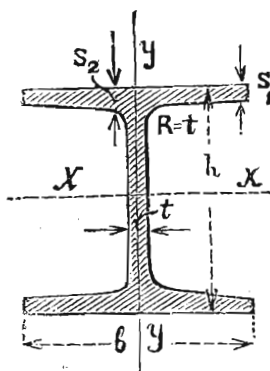
## TABELA № 44.

Dwuteowniki niemieckie.

| №  | h   | b   | d    | t    | F               | G     | Jx              | Jy   | Wx              | Wy   | Wx   | Wy |
|----|-----|-----|------|------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|------|----|
|    | mm  |     |      |      | cm <sup>2</sup> | kg/m  | cm <sup>4</sup> |      | cm <sup>3</sup> |      | = u  |    |
| 8  | 80  | 42  | 3,9  | 5,9  | 7,57            | 5,95  | 77,7            | 6,28 | 19,4            | 2,99 | 6,50 |    |
| 9  | 90  | 46  | 4,2  | 6,3  | 8,99            | 7,06  | 117             | 8,76 | 25,9            | 3,81 | 6,80 |    |
| 10 | 100 | 50  | 4,5  | 6,8  | 10,6            | 8,33  | 170             | 12,2 | 34,1            | 4,86 | 7,01 |    |
| 11 | 110 | 54  | 4,8  | 7,2  | 12,3            | 9,65  | 238             | 16,2 | 43,3            | 5,99 | 7,23 |    |
| 12 | 120 | 58  | 5,1  | 7,7  | 14,2            | 11,15 | 327             | 21,4 | 54,5            | 7,38 | 7,38 |    |
| 13 | 130 | 62  | 5,4  | 8,1  | 16,1            | 12,64 | 435             | 27,4 | 67,0            | 8,85 | 7,57 |    |
| 14 | 140 | 66  | 5,7  | 8,6  | 18,2            | 14,29 | 572             | 35,2 | 81,7            | 10,7 | 7,65 |    |
| 15 | 150 | 70  | 6,0  | 9,0  | 20,4            | 16,01 | 734             | 43,7 | 97,9            | 12,5 | 7,83 |    |
| 16 | 160 | 74  | 6,3  | 9,5  | 22,8            | 17,90 | 933             | 54,5 | 117             | 14,7 | 7,92 |    |
| 17 | 170 | 78  | 6,6  | 9,9  | 25,2            | 19,78 | 1165            | 66,5 | 137             | 17,1 | 8,02 |    |
| 18 | 180 | 82  | 6,9  | 10,4 | 27,9            | 21,90 | 1444            | 81,3 | 161             | 19,8 | 8,10 |    |
| 19 | 190 | 86  | 7,2  | 10,8 | 30,5            | 23,94 | 1759            | 97,2 | 185             | 22,6 | 8,20 |    |
| 20 | 200 | 90  | 7,5  | 11,3 | 33,4            | 26,22 | 2139            | 117  | 214             | 25,9 | 8,26 |    |
| 21 | 210 | 94  | 7,8  | 11,7 | 36,3            | 28,50 | 2558            | 137  | 244             | 29,3 | 8,31 |    |
| 22 | 220 | 98  | 8,1  | 12,2 | 39,5            | 31,01 | 3055            | 163  | 278             | 33,3 | 8,34 |    |
| 23 | 230 | 102 | 8,4  | 12,6 | 42,6            | 33,44 | 3605            | 188  | 314             | 36,9 | 8,50 |    |
| 24 | 240 | 106 | 8,7  | 13,1 | 46,1            | 36,19 | 4239            | 220  | 353             | 41,6 | 8,50 |    |
| 25 | 250 | 110 | 9,0  | 13,6 | 49,7            | 39,01 | 4954            | 255  | 396             | 46,4 | 8,54 |    |
| 26 | 260 | 113 | 9,4  | 14,1 | 53,3            | 41,84 | 5735            | 287  | 441             | 50,6 | 8,72 |    |
| 27 | 270 | 116 | 9,7  | 14,7 | 57,1            | 44,82 | 6623            | 325  | 491             | 56,0 | 8,76 |    |
| 28 | 280 | 119 | 10,1 | 15,2 | 61,0            | 47,89 | 7575            | 363  | 541             | 60,8 | 8,91 |    |
| 29 | 290 | 122 | 10,4 | 15,7 | 64,8            | 50,87 | 8619            | 403  | 594             | 66,1 | 8,99 |    |
| 30 | 300 | 125 | 10,8 | 16,2 | 69,0            | 54,17 | 9785            | 449  | 652             | 71,9 | 9,07 |    |

| №                              | h   | b   | d    | t    | F<br>cm <sup>2</sup> | G<br>kg/m | Jx<br>cm <sup>4</sup> | Jy<br>cm <sup>4</sup> | Wx<br>cm <sup>3</sup> | Wy<br>cm <sup>3</sup> | Wx                    |
|--------------------------------|-----|-----|------|------|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                | mm  |     |      |      |                      |           |                       |                       |                       |                       | W <sub>y</sub><br>= u |
| 32                             | 320 | 131 | 11,5 | 17,3 | 77,7                 | 60,95     | 12493                 | 554                   | 781                   | 84,6                  | 9,23                  |
| 34                             | 340 | 137 | 12,2 | 18,3 | 86,7                 | 68,05     | 15670                 | 672                   | 922                   | 98,1                  | 9,40                  |
| 36                             | 360 | 143 | 13,0 | 19,5 | 97,0                 | 76,15     | 19576                 | 817                   | 1088                  | 114                   | 9,58                  |
| 38                             | 380 | 149 | 13,7 | 20,5 | 107                  | 84,00     | 23978                 | 972                   | 1262                  | 131                   | 9,67                  |
| 40                             | 400 | 155 | 14,4 | 21,6 | 118                  | 92,63     | 29173                 | 1160                  | 1459                  | 150                   | 9,76                  |
| 42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 425 | 163 | 15,3 | 23,0 | 132                  | 103,62    | 36956                 | 1433                  | 1739                  | 176                   | 9,89                  |
| 45                             | 450 | 170 | 16,2 | 24,3 | 147                  | 115,40    | 45888                 | 1722                  | 2040                  | 203                   | 10,1                  |
| 47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 475 | 178 | 17,1 | 25,6 | 163                  | 127,96    | 56410                 | 2084                  | 2375                  | 234                   | 10,1                  |
| 50                             | 500 | 185 | 18,0 | 27,0 | 179                  | 140,52    | 68736                 | 2470                  | 2750                  | 267                   | 10,3                  |
| 55                             | 550 | 200 | 19,0 | 30,0 | 212                  | 166,42    | 99054                 | 3486                  | 3602                  | 349                   | 10,3                  |
| 60                             | 600 | 215 | 21,6 | 32,4 | 254                  | 199,39    | 138957                | 4668                  | 4632                  | 434                   | 10,7                  |

## 12. Żelazo dwuteowe Grey'a.



rys. 65.

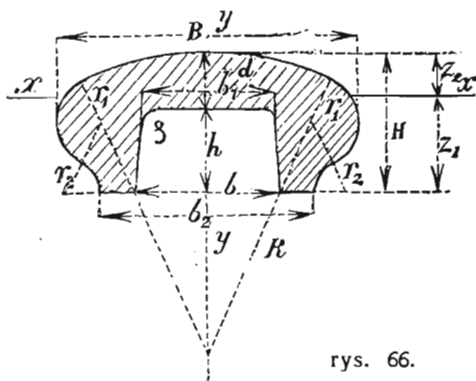
Wyrób — z żelaza zlewnego Thomas'a. Długość — od 2 do 25 m.; №№ 65, 70 i 75 tylko do 17 m.

Pochyłość powierzchni wewnętrznej 1:11; promień  $R=t$ ; przy dwóch rzędach postawionych belkach  $\bar{I}$   $\bar{I}$  zawsze  $I_x < I_y$ .

## TABELA № 45.

| №                                | Wymiary<br>mm. |     |      |                |                | Przekr.<br>cm <sup>2</sup> | g<br>kg/m | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | W <sub>x</sub><br>W <sub>y</sub><br>= u |
|----------------------------------|----------------|-----|------|----------------|----------------|----------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|                                  | h              | b   | t    | s <sub>1</sub> | s <sub>2</sub> |                            |           |                                   |                                   |                                   |                                   |                                         |
| 18B                              | 180            | 180 | 8,5  | 9,0            | 16,72          | 59,9                       | 47,0      | 3512                              | 1073                              | 390                               | 119                               | 3,28                                    |
| 20B                              | 200            | 200 | 8,5  | 9,5            | 18,12          | 70,4                       | 55,3      | 5171                              | 1568                              | 517                               | 157                               | 3,30                                    |
| 22B                              | 220            | 220 | 9    | 10             | 19,5           | 82,6                       | 64,8      | 7379                              | 2216                              | 671                               | 201                               | 3,34                                    |
| 24B                              | 240            | 240 | 10   | 10,5           | 20,85          | 96,8                       | 76,0      | 10260                             | 3043                              | 855                               | 254                               | 3,37                                    |
| 25B                              | 250            | 250 | 10,5 | 10,9           | 21,7           | 105,1                      | 82,5      | 12066                             | 3575                              | 965                               | 286                               | 3,37                                    |
| 26B                              | 260            | 260 | 11   | 11,7           | 22,9           | 115,6                      | 90,7      | 14852                             | 4261                              | 1104                              | 328                               | 3,36                                    |
| 27B                              | 270            | 270 | 11,3 | 11,95          | 23,6           | 123,2                      | 96,7      | 16529                             | 4920                              | 1224                              | 365                               | 3,35                                    |
| 28B                              | 280            | 280 | 11,5 | 12,35          | 24,4           | 131,8                      | 103,4     | 19052                             | 5671                              | 1361                              | 405                               | 3,36                                    |
| 29B                              | 290            | 290 | 12   | 12,7           | 25,2           | 141,1                      | 110,8     | 21866                             | 6417                              | 1508                              | 443                               | 3,40                                    |
| 30B                              | 300            | 300 | 12,5 | 13,25          | 26,25          | 152,1                      | 119,4     | 25201                             | 7494                              | 1680                              | 500                               | 3,36                                    |
| 32B                              | 320            | 300 | 13   | 14,1           | 27,0           | 160,7                      | 126,2     | 30119                             | 7867                              | 1882                              | 524                               | 3,59                                    |
| 34B                              | 340            | 300 | 13,4 | 14,6           | 27,5           | 167,4                      | 131,4     | 35241                             | 8097                              | 2073                              | 540                               | 3,84                                    |
| 36B                              | 360            | 300 | 14,2 | 16,15          | 29,0           | 181,5                      | 142,5     | 42479                             | 8793                              | 2360                              | 586                               | 4,06                                    |
| 38B                              | 380            | 300 | 14,8 | 17,0           | 29,8           | 191,2                      | 150,1     | 49496                             | 9175                              | 2605                              | 612                               | 4,23                                    |
| 40B                              | 400            | 300 | 15,5 | 18,2           | 31,0           | 203,6                      | 159,8     | 57834                             | 9721                              | 2892                              | 648                               | 4,46                                    |
| 42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> B | 425            | 300 | 16   | 19,0           | 31,75          | 213,9                      | 167,9     | 68249                             | 10078                             | 3212                              | 672                               | 4,78                                    |
| 45B                              | 450            | 300 | 17   | 20,3           | 33,0           | 229,3                      | 189,0     | 80887                             | 10668                             | 3595                              | 711                               | 5,06                                    |
| 47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> B | 475            | 300 | 17,6 | 21,35          | 34,0           | 242,0                      | 190,0     | 94811                             | 11142                             | 3992                              | 743                               | 5,37                                    |
| 50B                              | 500            | 300 | 19,4 | 22,6           | 35,2           | 261,8                      | 205,5     | 111283                            | 11718                             | 4451                              | 781                               | 5,7                                     |
| 55B                              | 550            | 300 | 20,6 | 24,5           | 37,0           | 288,0                      | 226,1     | 145957                            | 12582                             | 5808                              | 839                               | 6,33                                    |
| 60B                              | 600            | 300 | 20,8 | 24,7           | 37,2           | 300,6                      | 236,0     | 179303                            | 12672                             | 5977                              | 845                               | 7,08                                    |
| 65B                              | 650            | 300 | 21,1 | 25,0           | 37,5           | 314,5                      | 246,9     | 217402                            | 12814                             | 6690                              | 854                               | 7,83                                    |
| 70B                              | 700            | 300 | 21,1 | 25,0           | 37,5           | 325,2                      | 255,3     | 258106                            | 12818                             | 7374                              | 854                               | 8,63                                    |
| 75B                              | 750            | 300 | 21,1 | 25,0           | 37,5           | 335,7                      | 263,5     | 302560                            | 12823                             | 8068                              | 855                               | 9,44                                    |

## 13. Żelazo poręczowe.



rys. 66.

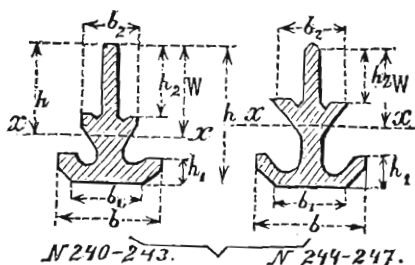
Długość normalna 4 — 8 m.; długość największa 12—16 m.;  $R = B$ ;  $d = 0,2 B$ ;  $\rho = 0,05 B$ ;  $b_1 = 0,45 B$ ;  $b_2 = 0,75 B$ ;  $r_1 = 0,15 B$ ;  $r_2 = 0,1 B$ ,

TABELA № 46.

| № profilu | Wymiary w mm. |    |    |    | Przekrój<br>cm <sup>2</sup> | Waga<br>kg/m | Odległość<br>środku ciężkości<br>cm. |       | $I_x$<br>cm <sup>4</sup> | $I_y$<br>cm <sup>4</sup> |
|-----------|---------------|----|----|----|-----------------------------|--------------|--------------------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|
|           | B             | H  | b  | h  |                             |              | $z_1$                                | $z_2$ |                          |                          |
| 4         | 40            | 18 | 20 | 10 | 4,17                        | 3,27         | 1,04                                 | 0,76  | 0,79                     | 5,86                     |
| 6         | 60            | 27 | 30 | 15 | 9,43                        | 7,40         | 1,55                                 | 1,15  | 4,02                     | 29,7                     |
| 8         | 80            | 36 | 40 | 20 | 16,7                        | 13,11        | 2,08                                 | 1,52  | 12,7                     | 93,7                     |
| 10        | 100           | 45 | 50 | 25 | 26,0                        | 20,41        | 2,58                                 | 1,92  | 31,0                     | 229                      |
| 12        | 120           | 54 | 60 | 30 | 37,7                        | 29,59        | 3,10                                 | 2,30  | 64,3                     | 475                      |

## 14. Żelazo okienne.

Z rynnami dla stoku wody.



rys. 67.

TABELA № 47.

| № profilu | Wymiary w mm. |                |                |    |                |                | Odległość<br>środku<br>ciężk. w<br>cm. | Przechr.<br>poprzecz.<br>cm <sup>2</sup> | Waga<br>kg/m | $I_x$<br>cm <sup>4</sup> | $W_x$<br>cm <sup>3</sup> |
|-----------|---------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
|           | h             | h <sub>1</sub> | h <sub>2</sub> | b  | b <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> |                                        |                                          |              |                          |                          |
| 240       | 40            | 8              | 19             | 30 | 17             | 19             | 2,63                                   | 3,14                                     | 2,52         | 4,06                     | 1,54                     |
| 241       | 50            | 10             | 28             | 40 | 24             | 24             | 3,35                                   | 5,00                                     | 3,89         | 8,70                     | 2,60                     |
| 242       | 60            | 11             | 34             | 45 | 30             | 24             | 4,20                                   | 6,15                                     | 4,78         | 17,64                    | 4,20                     |
| 243       | 70            | 12             | 40             | 52 | 36             | 30             | 4,85                                   | 8,70                                     | 6,77         | 33,95                    | 7,00                     |
| 244       | 45            | 10             | 20             | 42 | 28             | 28             | 2,94                                   | 4,81                                     | 3,80         | 4,47                     | 1,52                     |
| 245       | 55            | 13             | 25             | 52 | 35             | 35             | 3,66                                   | 7,09                                     | 5,67         | 14,0                     | 3,88                     |
| 246       | 60            | 13             | 25             | 53 | 35             | 35             | 3,93                                   | 7,95                                     | 6,86         | 21,0                     | 5,86                     |
| 247       | 70            | 13             | 30             | 53 | 35             | 35             | 4,61                                   | 8,40                                     | 6,79         | 30,4                     | 6,58                     |

## 15. Waga żelaza w arkuszach i płytach.

TABELA № 48.

Żelazo zlewne (zleiwio).

| Grubość | Waga m <sup>2</sup> | Grubość | Waga m <sup>2</sup> | Grubość | Waga m <sup>2</sup> | Grubość | Waga m <sup>2</sup> |
|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|
| mm      | kg                  | mm      | kg                  | mm      | kg                  | mm      | kg                  |
| 1       | 7,85                | 9       | 70,65               | 17      | 133,45              | 25      | 196,25              |
| 2       | 15,70               | 10      | 78,5                | 18      | 141,3               | 26      | 204,10              |
| 3       | 23,55               | 11      | 86,35               | 19      | 149,15              | 27      | 211,95              |
| 4       | 31,40               | 12      | 94,20               | 20      | 157,0               | 28      | 219,80              |
| 5       | 39,25               | 13      | 102,05              | 21      | 164,85              | 29      | 227,65              |
| 6       | 47,1                | 14      | 109,9               | 22      | 172,7               | 30      | 235,50              |
| 7       | 54,95               | 15      | 117,75              | 23      | 180,55              |         |                     |
| 8       | 62,80               | 16      | 125,6               | 24      | 188,4               |         |                     |

## 16. Rury gazowe.

TABELA № 49.

|                     |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |
|---------------------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Średnica wewnętrz.  | mm.   | 3,20 | 6,33 | 9,50 | 12,70 | 15,90 | 19   | 22,25 | 25,4 | 31,75 |
|                     | cali  | 1/8  | 1/4  | 3/8  | 1/2   | 5/8   | 3/4  | 7/8   | 1    | 1 1/4 |
| Średnica zewnętrzna | mm.   | 10   | 13   | 16,5 | 20,5  | 24    | 26,5 | 30    | 33   | 42    |
| Waga                | kg/m. | 0,40 | 0,57 | 0,82 | 1,15  | 1,50  | 1,72 | 2,25  | 2,44 | 3,40  |

|                     |       |       |       |     |       |       |       |    |       |      |
|---------------------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|----|-------|------|
| Średnica wewnętrz.  | mm.   | 38    | 44,5  | 51  | 57    | 63,5  | 70    | 76 | 89    | 102  |
|                     | cali  | 1 1/2 | 1 3/4 | 2   | 2 1/4 | 2 1/2 | 2 3/4 | 3  | 3 1/2 | 4    |
| Średnica zewnętrzna | mm.   | 48    | 51    | 59  | 69    | 75    | 81    | 89 | 102   | 114  |
| Waga                | kg/m. | 4,2   | 4,6   | 5,4 | 6,8   | 7,7   | 8,9   | 10 | 11,5  | 13,5 |



## 17. TABELA № 50.



Waga prętów żelaznych kwadratowych  
(kratowników).

rys. 68.

| Gru-<br>bość<br>mm. | Waga<br>kg/m | Ob-<br>wód<br>cm. | Pole przekroju poprzecz. cm. <sup>2</sup><br>przy ilości prętów |       |       |       |       |
|---------------------|--------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                     |              |                   | 1                                                               | 2     | 3     | 6     | 9     |
| 5                   | 0,196        | 2,0               | 0,25                                                            | 0,50  | 0,75  | 1,50  | 2,25  |
| 6                   | 0,283        | 2,4               | 0,36                                                            | 0,72  | 1,08  | 2,16  | 3,24  |
| 7                   | 0,385        | 2,8               | 0,49                                                            | 0,98  | 1,47  | 2,94  | 4,41  |
| 8                   | 0,502        | 3,2               | 0,64                                                            | 1,28  | 1,92  | 3,84  | 5,76  |
| 9                   | 0,636        | 3,6               | 0,81                                                            | 1,62  | 2,43  | 4,86  | 7,29  |
| 10                  | 0,785        | 4,0               | 1,00                                                            | 2,00  | 3,00  | 6,00  | 9,00  |
| 11                  | 0,950        | 4,4               | 1,21                                                            | 2,42  | 3,63  | 7,26  | 10,89 |
| 12                  | 1,130        | 4,8               | 1,44                                                            | 2,88  | 4,32  | 8,64  | 12,96 |
| 13                  | 1,327        | 5,2               | 1,69                                                            | 3,38  | 5,07  | 10,14 | 15,21 |
| 14                  | 1,539        | 5,6               | 1,96                                                            | 3,92  | 5,88  | 11,76 | 17,64 |
| 15                  | 1,766        | 6,0               | 2,25                                                            | 4,50  | 6,75  | 13,50 | 20,25 |
| 16                  | 2,010        | 6,4               | 2,56                                                            | 5,12  | 7,68  | 15,36 | 23,04 |
| 17                  | 2,269        | 6,8               | 2,89                                                            | 5,78  | 8,67  | 17,34 | 26,01 |
| 18                  | 2,543        | 7,2               | 3,24                                                            | 6,48  | 9,72  | 19,44 | 29,16 |
| 19                  | 2,834        | 7,6               | 3,61                                                            | 7,22  | 10,83 | 21,66 | 32,49 |
| 20                  | 3,140        | 8,0               | 4,00                                                            | 8,00  | 12,00 | 24,00 | 36,00 |
| 21                  | 3,462        | 8,4               | 4,41                                                            | 8,82  | 13,23 | 26,46 | 39,69 |
| 22                  | 3,799        | 8,8               | 4,84                                                            | 9,68  | 14,52 | 29,04 | 43,56 |
| 23                  | 4,153        | 9,2               | 5,29                                                            | 10,58 | 15,87 | 31,74 | 47,61 |
| 24                  | 4,522        | 9,6               | 5,76                                                            | 11,52 | 17,28 | 34,56 | 51,84 |
| 25                  | 4,906        | 10,0              | 6,25                                                            | 12,50 | 18,75 | 37,50 | 56,25 |
| 26                  | 5,307        | 10,4              | 6,76                                                            | 13,52 | 20,28 | 40,56 | 60,84 |
| 27                  | 5,723        | 10,8              | 7,29                                                            | 14,58 | 21,87 | 43,74 | 65,61 |
| 28                  | 6,154        | 11,2              | 7,84                                                            | 15,68 | 23,52 | 47,04 | 70,56 |
| 29                  | 6,602        | 11,6              | 8,41                                                            | 16,82 | 25,23 | 50,46 | 75,69 |
| 30                  | 7 065        | 12,0              | 9,00                                                            | 18,00 | 27,00 | 54,00 | 81,00 |

## 18. TABELA № 51.



Waga żelaza paskowego (płaskowników).

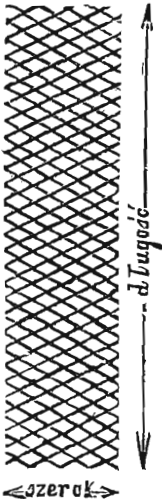
Rys. 69.

| Wymiary<br>mm. |         | Waga   | Obwód | Pole przekroju poprzecznego<br>cm. <sup>2</sup> przy ilości prętów |      |       |      |       |
|----------------|---------|--------|-------|--------------------------------------------------------------------|------|-------|------|-------|
| szerokość      | grubość |        |       | 1                                                                  | 2    | 3     | 6    | 9     |
|                |         | kg./m. | cm.   |                                                                    |      |       |      |       |
| 13             | 1       | 0,102  | 2,8   | 0,13                                                               | 0,26 | 0,39  | 0,78 | 1,17  |
|                | 1,50    | 0,153  | 2,9   | 0,195                                                              | 0,39 | 0,585 | 1,17 | 1,755 |
|                | 2       | 0,204  | 3,0   | 0,26                                                               | 0,52 | 0,78  | 1,56 | 2,34  |
|                | 2,50    | 0,255  | 3,1   | 0,325                                                              | 0,73 | 0,975 | 1,95 | 2,925 |
|                | 3       | 0,306  | 3,2   | 0,39                                                               | 0,78 | 1,17  | 2,34 | 3,51  |
|                | 3,25    | 0,332  | 3,25  | 0,42                                                               | 0,84 | 1,26  | 2,52 | 3,78  |
|                | 4       | 0,408  | 3,4   | 0,52                                                               | 1,04 | 1,56  | 3,12 | 4,68  |
|                | 5       | 0,510  | 3,6   | 0,65                                                               | 1,30 | 1,95  | 3,90 | 5,58  |
| 16             | 1       | 0,126  | 3,4   | 0,16                                                               | 0,32 | 0,48  | 0,96 | 1,44  |
|                | 1,50    | 0,188  | 3,5   | 0,24                                                               | 0,48 | 0,72  | 1,44 | 2,16  |
|                | 2       | 0,251  | 3,6   | 0,32                                                               | 0,64 | 0,96  | 1,92 | 2,88  |
|                | 2,50    | 0,314  | 3,7   | 0,40                                                               | 0,80 | 1,20  | 2,40 | 3,60  |
|                | 3       | 0,377  | 3,8   | 0,48                                                               | 0,96 | 1,44  | 2,88 | 4,32  |
|                | 3,25    | 0,408  | 3,85  | 0,52                                                               | 1,04 | 1,56  | 3,12 | 4,68  |
|                | 4       | 0,502  | 4,0   | 0,64                                                               | 1,28 | 1,92  | 3,84 | 5,76  |
|                | 5       | 0,628  | 4,2   | 0,80                                                               | 1,60 | 2,40  | 4,80 | 7,20  |
| 20             | 2       | 0,314  | 4,4   | 0,40                                                               | 0,80 | 1,20  | 2,40 | 3,60  |
|                | 3       | 0,471  | 4,6   | 0,60                                                               | 1,20 | 1,80  | 3,60 | 5,40  |
|                | 4       | 0,628  | 4,8   | 0,80                                                               | 1,60 | 2,40  | 4,80 | 7,20  |
|                | 5       | 0,785  | 5,0   | 1,00                                                               | 2,00 | 3,00  | 6,00 | 9,00  |
|                | 6       | 0,942  | 5,2   | 1,20                                                               | 2,40 | 3,60  | 7,20 | 10,80 |
| 23             | 2       | 0,361  | 5,0   | 0,46                                                               | 0,92 | 1,38  | 2,76 | 4,14  |
|                | 3       | 0,542  | 5,2   | 0,69                                                               | 1,38 | 2,07  | 4,14 | 6,21  |
|                | 4       | 0,722  | 5,4   | 0,92                                                               | 1,84 | 2,76  | 5,52 | 8,28  |
|                | 5       | 0,903  | 5,6   | 1,15                                                               | 2,30 | 3,45  | 6,90 | 10,35 |
|                | 6       | 1,083  | 5,8   | 1,38                                                               | 2,76 | 4,14  | 8,28 | 12,42 |
| 26             | 2       | 0,408  | 5,6   | 0,52                                                               | 1,04 | 1,56  | 3,12 | 4,68  |
|                | 3       | 0,612  | 5,8   | 0,78                                                               | 1,56 | 2,34  | 4,68 | 7,02  |
|                | 4       | 0,816  | 6,0   | 1,04                                                               | 2,08 | 3,12  | 6,24 | 9,36  |
|                | 5       | 1,02   | 6,2   | 1,30                                                               | 2,60 | 3,90  | 7,80 | 11,70 |
|                | 6       | 1,225  | 6,4   | 1,56                                                               | 3,12 | 4,68  | 9,36 | 14,04 |

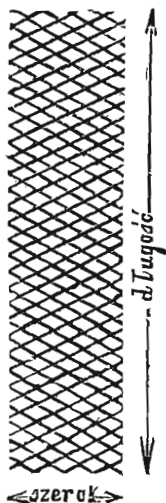
## 19. Siatka jednolita.

TABELA № 52.

| №   | Długość<br>mniejszej<br>przekątnej<br>ukosnika<br>siatki | Pręty   |         | Przybli-<br>żona<br>waga<br>kg./m. <sup>2</sup> | Największa<br>długość<br>kratki<br>m. | Największa<br>szerokość<br>m. |
|-----|----------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
|     |                                                          | szerok. | grubość |                                                 |                                       |                               |
|     |                                                          |         |         |                                                 |                                       |                               |
|     | mm.                                                      | mm.     | mm.     | kg./m. <sup>2</sup>                             | m.                                    | m.                            |
| 14  | 150                                                      | 4,5     | 3       | 1,45                                            | 20                                    | 2,4                           |
| 12  | 150                                                      | 6       | 3       | 2,04                                            | 20                                    | 2,4                           |
| 13  | 150                                                      | 6       | 4,5     | 3,12                                            | 20                                    | 2,4                           |
| 15  | 75                                                       | 3       | 3       | 2,17                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 16  | 75                                                       | 3       | 2       | 1,25                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 9   | 75                                                       | 4,5     | 3       | 3,15                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 8   | 75                                                       | 6       | 3       | 4,34                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 11  | 75                                                       | 4,5     | 4,5     | 5,00                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 10  | 75                                                       | 6       | 4,5     | 6,25                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 17  | 75                                                       | 8       | 5       | 9,00                                            | 10                                    | 4,8                           |
| 24  | 40                                                       | 3       | 3       | 4,07                                            | 8                                     | 5                             |
| 24a | 40                                                       | 3       | 2       | 2,50                                            | 8                                     | 5                             |
| 25  | 40                                                       | 6       | 4,5     | 10,00                                           | 8                                     | 5                             |
| 18  | 40                                                       | 4,5     | 4,5     | 8,25                                            | 8                                     | 5                             |
| 21  | 40                                                       | 4,5     | 3       | 6,38                                            | 8                                     | 5                             |
| 22  | 40                                                       | 8       | 4,5     | 13,00                                           | 8                                     | 5                             |
| 23  | 40                                                       | 6       | 3       | 7,60                                            | 8                                     | 5                             |
| 5   | 40                                                       | 2,5     | 1,2     | 1,26                                            | 8                                     | 5                             |
| 6   | 40                                                       | 3       | 1,5     | 2,04                                            | 8                                     | 5                             |
| 26  | 20                                                       | 5       | 1,5     | 5,20                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 3   | 20                                                       | 2,5     | 1       | 1,75                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 27  | 20                                                       | 4       | 1,2     | 4,20                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 4   | 20                                                       | 2,5     | 1,5     | 3,00                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 3a  | 20                                                       | 2       | 0,6     | 0,90                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 4a  | 20                                                       | 2,5     | 2       | 3,75                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 20  | 20                                                       | 3       | 3       | 7,60                                            | 5                                     | 4,8                           |
| 7   | 20                                                       | 7       | 3       | 14,00                                           | 5                                     | 4,8                           |
| 2   | 10                                                       | 2,5     | 1,2     | 3,95                                            | 3                                     | 2,5                           |
| 28  | 10                                                       | 3       | 2       | 6,50                                            | 3                                     | 2,5                           |
| 1   | 10                                                       | 2,5     | 0,6     | 1,60                                            | 3                                     | 2,5                           |



rys. 70.



rys. 70.

## 21. MATERJAŁY BUDOWLANE.

### CZĘŚĆ B.

#### a. Asfalt.

Asfalt naturalny czysty spotyka się rzadko i znajduje się na wybrzeżu morza Martwego i na wyspach Cuba i Trynidad. W technice asfalt naturalny czysty nosi nazwę bitumu lub gudronu naturalnego. Bitum jest ciałem mineralnym, czarnego koloru; złamanie ma błyszczącą powierzchnię przy  $+ 20^{\circ}\text{C}$ . — sprężysty, przy  $+ 40^{\circ}\text{C}$ . — miękki, a przy  $+ 50^{\circ}\text{C}$ . topi się. W technice przeważnie znajduje zastosowanie bitum (gudron) otrzymany przez wygotowanie kamienia gudronowego: w technice asfaltem nazywają wapniak w naturalny sposób nasycony bitumem (t. zw. ruda asfaltowa), kolor tego asfaltu, w odcieniach od brunatnego do czarnego, zależy od mniejszej lub większej zawartości bitumu. Przy nagrzewaniu rudy asfaltowej do  $50 - 60^{\circ}\text{C}$ ., rozpada się ona w proszek; proszek ten nagrany do  $150^{\circ}\text{C}$ ., przy jednoczesnem ubijaniu przekształca się w gęstą masę, posiadającą po ostudzeniu twardość rudy asfaltowej. Korzystając z tej własności rudy asfaltowej przeprowadza się roboty asfaltowe przy urządzeniach bruków asfaltowych, w sposób następujący: znacznie nagrany proszek asfaltu rozsypuje się po posadzce betonowej warstwą  $15 - 20$  cm. grubą, ubija się przy pomocy gorących ubijaków i następnie przewalcuje się gorącymi walcami żelaznymi (asphalte comprimé); należy zaznaczyć że do wspomnianej roboty można używać asfalt tylko odpowiedniego gatunku.

Przy nagrzewaniu zmielonej rudy asfaltowej z domieszką niewielkiej ilości gudronu otrzymuje się półpłynna masa, dająca tak zwaną mastykę asfaltową, którą używa się przy robotach asfaltowych odlewnych (asphalte coulé). Sposób ten ma zastosowanie przy urządzeniu chodników, podłogi, warstw izolacyjnych i t. p.

Mastyka asfaltowa sprzedaje się w płytach wagi  $20 - 35$  kg., gudron — w beczkach.

Asfalt naturalny zupełnie nie przepuszcza wody, jest elastyczny i ogniotrwały.

„Asfalt sztuczny” jest surogatem asfaltu naturalnego, sprzedaje się pod nazwą „asfaltu sztucznego”. Asfalt ten wyrabia się z różnych gatunków: smoły, gudronu ropowego, z domieszką gliny, marglu, gruzu budowlanego i t. p., jako materiał budowlany jest zły: prędko niszczy się, przepuszcza wodę i gazy, jest stosunkowo łatwopalny i t. p.

### Waga 1 m.<sup>2</sup> pokładu asfaltowego:

|           |    |    |    |    |     |
|-----------|----|----|----|----|-----|
| Grubość . | 20 | 25 | 38 | 50 | mm. |
| Waga . .  | 35 | 45 | 70 | 90 | kg. |

Waga asfaltu koło 1800 kg./m.<sup>2</sup>

„ gudronu „ 1200 kg./m.<sup>2</sup>

„ posadzki betonowej — 1800 do 2200 kg./m.<sup>2</sup>,  
zależnie od gatunku tłucznia.

## Rozchód materiałów i robocizny przy robotach asfaltowych.

Dla pokrycia 1 m.<sup>2</sup> gotowej posadzki betonowej warstwą, 1 cm. grubą, asfaltu ze żwirem lub piaskiem, trzeba:

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| mastyki asfaltowej . . . | 30,8 kg.             |
| gudronu . . . . .        | 1,6 kg.              |
| żwiru lub piasku . . . . | 0,02 m. <sup>3</sup> |
| drzewa opałowego, sosn.  | 12,8 kg.             |
| majstrów asfalt. . . . . | 0,8 godz.            |
| robotników . . . . .     | 0,8 godz.            |

### b. Azbest.

Skład chemiczny — krzemowo - kwaśna magnezja; ogniotrwały; znajduje zastosowanie do izolacji. Ogniotrwała farba azbestowa zabezpiecza drzewo w ciągu 15—20 min. od zapalenia się. Azbest używa się jako domieszka do cementu przy fabrykacji terrofazerytu—łupku sztucznego.

Gatunki azbestu: 1—długo, średnie lub krótko włókienisty i 2—w kształcie masy.

### c. Antirustol.

Farba ochronna dla żelaza, — zabezpiecza żelazo od wpływów atmosferycznych.

Sposób użycia: sprzedaje się w stanie gotowym, powlekane dokonywa się za pomocą zwykłego pędzla; firma twierdzi, że gruntowanie nie jest potrzebne i że dostatecznie malować jeden raz, przytem tworzy się czarna, błyszcząca, emaljowa powłoka, która wysycha w ciągu 8 — 12 godzin. Używa się tak dla przedmiotów żelaznych niemalowanych, jak już poprzednio malowanych. Przed użyciem zawartości należy dobrze wymieszać; przechowywać w naczyniach szczelnie zamkniętych, bo inaczej gęstnieje. Zgiętniony „Antirustol” nie należy rozcieńczać pokostem lnianym lub terpentyną, a specjalnym pokostem antirustolowym. Sprzedaje się w baryłkach na 100 i 200 kg.; 1 kg. kryje 4 do 5 m.<sup>2</sup>.

### d. Cegła.

Normalne wymiary cegły zwykłej  $270 \times 130 \times 70$  mm., waga koło 4 $\frac{1}{4}$  kg. szt.; normalne wymiary cegły niemieckiej  $250 \times 120 \times 65$  mm.; po wytrzymaniu cegły w ciągu 3 dób w wodzie waga winna powiększyć się nie więcej nad 5%; cegła nasycona wodą nad 15% łatwo rozkrusza się pod działaniem mrozu. Cegła dobrze wypalona ma metalowy dźwięk. Przepalona cegła, lecz nie mająca jeszcze szklistej powierzchni może być używana na fundamenty; cegła niedopalona może być używana do budowy pieców i przepierzeń wewnętrznych. Dobra sucha cegła, z materiału bez ziarenek marglu wytrzymuje ciśnienie: cegła zwyczajna — 80 kg./cm.<sup>2</sup>; cegła-klinkier dziurawa — 130 kg./cm.<sup>2</sup>; klinkier do mostów — 230 kg./cm.<sup>2</sup>. Przy zakupach cegły można przyjmować 5% cegły łamanej (każda cegła nie więcej jak na 2 kawałki), lecz w kawałkach parzystych.

### Rozchód cegły na 1 m.<sup>2</sup> ściany murowanej

| Grubość ściany . .   | $\frac{1}{2}$ | 1  | $1\frac{1}{2}$ | 2   | $2\frac{1}{2}$ | 3   | cegeł |
|----------------------|---------------|----|----------------|-----|----------------|-----|-------|
| Cegły bez strat . .  | 45            | 90 | 135            | 180 | 225            | 270 | szt.  |
| Cegły ze stratą 5% . | 48            | 95 | 142            | 189 | 236            | 274 | szt.  |

Cegła może mieć wymiary odmienne od wyżej wskazanych, aby tylko odpowiadała drugim wymaganiom technicznym; w tym wypadku ilość cegły przypadająca na 1 m.<sup>2</sup> ściany będzie inną i winna być określona w zależności od tych wymiarów.

**Cegła ogniotrwała.** Wymiar zwykły 230×115×60 mm.; używa się do futerowki palenisk w piecach dla antracytu i ropy.

**Cegła wapienna,** — wyrabia się z wapna i piasku. Cegła ta według norm berlińskich winna wytrzymywać ciśnienie 150 — 200 kg./cm.<sup>2</sup>. Cegła ta nie ustępuje cegle zwykłej w ogniotrwałości, twardości, przepuszczaniu wody i odporności na wpływy atmosferyczne.

### e. Cerezyt.

Otynkowanie zaprawą cementową sporządzoną przy pomocy roztworu złożonego z 1 części cerezytu i 10-12 części wody nie przepuszcza wody; znajduje zastosowanie przy budowie domów mieszkalnych, piwnic, zbiorników do wody i t. p.

### f. Dachówka.

Dachówka jest jednym z najczęściej zalecanych materiałów do krycia dachów; winna być równa, gładka, nie zawierać rysów lub pęknięć. Dachówka wyrabia się z najlepszej gliny; maszyny do jej wyrobu i piece do wypalania są bardzo zbliżone do maszyn i pieców używanych do wyrobu i wypalania cegły zwykłej. Wymiary dachówki zwykle 445 × 220 mm. lub 400 × 200 mm.; kształty dwojake: gładkie—szwajcarskie, wtlaczane—marsylskie. Na 1 m.<sup>2</sup> pokrycia dachu potrzeba mniej więcej 13—15 szt. dachówek; spadek dachu nie mniej 1:3, pożądanym 1:2, nawet 1:1,5. Pokrycie dachówką jest jednym z najpraktyczniejszych, ponieważ jest—niepalne, przewiewne, ciepłe i prawie nie wymaga remontu; waga jedna—jest ciężkie; waga 1 m.<sup>2</sup> dachu krytego dachówką = około 90 — 110 kg.

### h. Fluaty.

Wśród rozmaitych środków stosowanych do ubezpieczenia kamieni od zwietrzania, najskuteczniejsze wyniki dają fluaty.

Fluaty — sole kwasu  $H_2SiF_6$  — wprowadzone w postaci roztworu do porów kamienia, łączą się z wapiennymi lub magnezowymi solami i stwarzają w porach bardzo mocne i nierozpuszczalne związki. Fluatować można tak materiały kamienne naturalne jak i sztuczne (tynk wapienny, cement, i t. p.). Największe zastosowanie mają: 1. — fluat magnezowy, — roztwór soli  $MgSiF_6$ , 10–25° Beaumé; barwy kamienia nie zmienia; 2. — fluat cynkowy — roztwór soli  $ZnSiF_6$  — 40°B; zlekka zabarwia kamień na kolor mleczno-biały; 3. — fluat aluminowy, roztwór soli —  $Al_2[SiF_6]_3$  — 15° B, daje reakcję więcej kwaśną, używa się do fluatowania wapniaków o dużych porach. Badania w laboratorium i praktyczne doświadczenia udowodniły że fluatowanie powiększa wytrzymałość kamieni i odporność na działania atmosferyczne. Według danych architektów francuskich, przy zastosowaniu do budowy kamieni miękkich, łatwo nadających się do obrabiania, a następnie fluatowanych, koszt budowy murów zmniejszały się o 30%. Towarzystwo budowlane w „Boern” oblicza rozchód fluatu magnezowego w kryształach na 1m<sup>2</sup> muru, przy potrójnym nasyceniu do 300 gr.

### g. Kamień.

Do robót budowlanych używane są kamienie: piaskowiec, granit, marmur, kamień polny, margiel i t. p. Kamień używany w budownictwie co do kształtu dzieli się: na kamień łamany, polny i warstwiec.

Kamień łamany i polny dla użycia do muru winien mieć dostateczne wymiary, a mianowicie nie mniej 15 cm. długość i szerokość i 10 cm. grubość. Kamień winien być odporny na wpływy atmosferyczne i nie bać się zmian temperatury, w laboratorium wytrzymywać bez pęknięć 25-ciokrotne zamrożenie a następnie ciśnienie 400 kg./cm.<sup>2</sup>. Kamień winien nadawać się do obrabiania w celu możliwości przydania mu kształtów wymaganych, być bez wnek i szpar. Warstwiec nie powinien być cieńszy 6–7 cm.

### k. Ksylolit.

Ksylolit składa się z prasowanych, przy ciśnieniu około 300 atm., trocin drzewnych, wymoczonych przedtem



w roztworze chlorku manganowego. Ksylolit wyrabia się w kształcie płyt; jest to materiał nie palny, znajduje zastosowanie przy urządzeniu podłóg, stopni, dachów, do izolowania belek i kolumn. Ksylolit można piłować, rżnąć i świdrować.

Wytrzymałość krańcowa na zgniecenie 850—900 kg./cm<sup>2</sup>, wytrzymałość na starcie bliska do granitu i bazytu; ciężar właściwy 1,4—1,55 kg/dm<sup>3</sup>.

## I. Kompo-rober.

Kompo-rober materiał do pokrycia dachów i izolacyjny, wyrabia się z czystej wełny; sposób obrabiania patentowany: Kompo-rober jest materiał lekki, elastyczny, bez zapachu, nie potrzebuje malowania lub smolenia; nie przepuszcza wody i powietrza, jest odporny na wpływy atmosferyczne, wytrzymuje nagrzewanie nad 100° C., nie reaguje na działanie dymu, kwasów, alkali i gazów; nie przepuszcza wody przy ciśnieniu 4 atm., dobrze utrzymuje ciepło.

Używa się do pokrycia dachów i do izolacji od zimna ciepła i wilgoci.

Krycie dachów, gładko oszalowanych deskami, przeprowadza się w sposób następujący: kompo-rober układa się na oszalowaniu tak by brzeg jednego arkusza przekrywał brzeg drugiego na 5 cm., arkusze jeden do drugiego przyklejają się klejem „kompocementem” i następnie przybijają się wzdłuż szwa do dachu gwoździami papowymi; miejsce połączenia arkuszy winno być obowiązkowo zwierzchu posmarowane kompocementem.

Krycie dachów betonowych: po ostatecznym zatwardnięciu betonu i oczyszczeniu jego powierzchni, arkusze kompo-roberu przyklejają się wprost do powierzchni betonu kompocementem; arkusze układają się tak samo jak wskazano wyżej.

Waga 1 m<sup>2</sup> kompo-roberu, w zależności od grubości, wynosi około: 1,25 kg; 1,5 kg.; 2 kg.; 2,5 kg.

## m. Linoleum.

Linoleum — tkanina dzutowa pokryta mieszaniną z mielonego korka, pokostu sztucznie utlenionego, smoły,

żywicy i domieszek barwiących. Linoleum jest bardzo wytrzymały na starcie, nie daje kurzu, nie przepuszcza i nie wchłania wody, trudno palny.

Znajduje zastosowanie do pokrycia podłogi i stopni schodowych. Linoleum należy używać do robót nie wcześniej niż po upływie 6 miesięcy od dnia wykończenia wyrobu.

Przy układaniu linoleuma na powierzchni betonowej należy pod linoleum ułożyć na betonie warstwę asfaltu.

Linoleum sprzedaje się w arkuszach 25—40 m. długich i 1,5—2 m. szerokich.

## n. Oleje.

Oleje, lniany i konopny, używane do przygotowania farb olejnych winny być nie gorzkie w smaku, czyste, bez domieszki oleju rzepakowego, tłuszczów rybnych, nafty i t. p. W celu wykrycia domieszki oleju rzepakowego próba dokonywa się przez dolewanie kwasu siarczanego; w celu wykrycia tłuszczów rybnych—eteru i lapisu. Przez gotowanie oleju otrzymuje się pokost. Przyrządzona na pokoście farba olejna winna schnąć dobrze i nie dawać odlepu.

## o. Piasek.

Piasek winien być czysty, kwarcowy; wzięty do ręki nie brudzić rąk, być bez domieszek; piasek z domieszką gliny, ziemi i t. d. winien być przemyty. Piasek normalny otrzymuje się przez przesianie go kolejno przez sita posiadające 64; 144 i 225 otworów na 1 cm.<sup>2</sup>, przy grubości drutu 0,4 mm., 0,3 mm. i 0,2 mm., — pozostałość na pierwszym sicie, oraz to co przeszło przez ostatnie sito odrzuca się, a mieszanina pozostałości na drugim i trzecim sitach w równych częściach, stanowi piasek normalny. Ziarenka piasku przeznaczonego do zaprawy dla muru z kamienia łamanego mogą być grubości do 4 mm. dla muru z cegły — do 1 mm., dla tynkowania od  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{2}$  mm., dla żelazo-betonu do 5 mm., dla betonu i bruku do 8—10 mm. Dla zaprawy i betonu zaleca się używać piasek ostro ziarnisty.

## p. Płyty korkowe.

Płyty korkowe wyrabiają z drobno mielonego korku z dodatkiem wiążącego składnika; są bardzo ogniotrwałe, nawet przy bezpośredniej styczności z ogniem nie palą się lecz tylko tlą się i pokrywają się sadzą; znajdują zastosowanie przy izolacji dźwiękowej i cieplnej, przy urządzeniu fundamentu pod maszyny. Przy izolowaniu dachów betonowych, płyty korkowe układają się lub na powierzchni betonowej, lub na szalowaniu — przed ułożeniem betonu, poczem układa się beton, po rozszalowaniu powierzchnia wyprawia się zaprawą cementową lub alabastrową.

Waga 1 dm.<sup>3</sup> płyty korkowej — 0,24 kg.

Waga 1 m.<sup>2</sup> przy grub. 1 cm. — 2,40 kg.

Wytrzymałość na ciśnienie 12—18 kg./cm.

## r. Ruberoid.

Ruberoidę — wołók wełniany nasycony patentowaną składaną substancją mineralną; elastyczny (gumy nie zawiera), nie przepuszcza wody, wytrzymuje zimno i ciepło (do 150°C), nie posiada zapachu, jest odporny na działanie kwasów, ługów alkalicznych i dymu, jest nieciepłoprzewodny, odporny na ściskanie: przy obciążeniach ciskających w 5; 10; 20; 100; 200 kg/cm<sup>2</sup>, były otrzymane ściskania 7; 8; 9; 12; 13%. Znajduje zastosowanie do pokrycia dachów z drzewa i żelbetonu, balkonów i taras, oraz przy izolacji od zimna ciepła i wilgoci.

1. Pokrycie dachów drewnianych wykonywa się w następujący sposób; do oszalowania z desek 25 mm. grubych, położonych bez odstępów (do czoła), przybija się ruberoid gwoździami papowymi, brzeg jednego arkusza ruberoida nakłada się na brzeg drugiego i przykleja się ruberynem; na 1 m.<sup>2</sup> dachu trzeba 1,1 m.<sup>2</sup> ruberoidu, 0,25 kg. ruberynu (kleju) i 0,1—0,15 kg. gwoździ papowych. Każdy rulon ruberoidu zawiera 22 m. długości przy 0,9 m. szerokości.

2. Krycie dachów betonowych — wykonywa się przez przyklejanie arkuszy do gładko wyprawionej cementem betonowej powierzchni za pomocą specjalnego, pa-

tentowanego, kleju; klej ten używa się w stanie gorącym; na jeden rulon ruberoidu potrzeba koło 30 kg. kleju. Przed przyklejaniem ruberoid należy dokładnie oczyścić od proszku talkowego. Waga 1 m.<sup>2</sup> ruberoidu podwójnej grubości z gwoździami i ruberynem wynosi koło 2,25 kg.

### s. Szkło.

Otrzymuje się przez stopienie krzemionki z wapnem i sodą. Szkło winno być czyste bez pęcherzy i węgłów, nie posiadać skaz i być bezbarwne. Szkło wyrabia się różnej grubości, a mianowicie: pojedyncze — 2 mm., podwójne — 3½ mm. i potrójne — 6 mm. Grubsze szkła bywają — rąbkowate, wzorzyste lub gładkie.

Dla oszklenia okien w gmachach fabrycznych, piwnicach, w ogóle w miejscach gdzie zależy na tem by lepiej zabezpieczyć szkło od bicia, używają szkła lane na siatce drucianej (Monier), grubość tego szkła — 4½ — 6 — 8 mm.; wada — siatka pochłania wiele światła.

Szkło drobno tłuszczone używa się jako domieszka do tynku t. zw. „terazzo”.

### t. Tektura smołowcowa (papa)

Tektura smołowcowa wyrabia się z włóknistego kartonu nasyczonego smolano-bitumiczną substancją. Tektura sm. wyrabia się w arkuszach od 07, do 1 m. szerokich przy różnej długości; naprz. fabryka Wolanowskiego w Warszawie wyrabia, przy szerokości 1 m. długość 13½ m., przy szer. 0,9 m., dług. — 10,5 m. T. sm. używa się do krycia dachów, owijania końców belek, izolowania fundamentów i t. d. Pokrycie dachów tekt. sm. wykonywa się w jednym z następujących sposobów: 1. układa się jeden słój bez łąt, 2) jeden słój przy trójkątnych łątach i 3. dwa słoje. Dla tych wszystkich sposobów potrzeba oszalowania z desek gładkich do czoła. Przy kryciu dachów betonowych stosuje się sposób ostatni: pierwszy słój, papy przykleja się do betonu przy pomocy kleju (klebmasa). Dla pokrycia w powyższy sposób powierzchnię = 12 m.<sup>2</sup> potrzeba 2 zwoja papy (1×14 m.), — na dolną warstwę bierze się papa grubsza, na górną cieńsza, gwoździ papowych 0,4 kg., klebmasy 16,5 kg., mazi gazowej — 10 kg.

Spadek dachu krytego papą pojedynczo od 1:6 do 1:10; krytego podwójnie — do 1:15; spadek 1:15 — tylko w miejscowościach gdzie niewiele wypada śniegu.

### u. Warstwiec (holcement).

Według Foerster'a warstwiec składa się z 60 części smoły z węgla kamiennego, 15 cz. asfaltu i 25 cz. siarki; mieszanina robi się z materiałów roztopionych i nabiera wyglądu masy o kolorze ciemno-brunatnym. Według innych badaczy warstwiec zawiera — 50 cz. smoły drzewnej, 39 cz. smoły pokamiennnej i 11 cz. siarki; czasem dodają do powyższych składników parafiny, która nadaje masie elastyczność i miękkość oraz ułatwia obrabianie. Warstwiec znajduje zastosowania jako materiał do krycia dachów (w kombinacjach z papą, korkiem, piaskiem, drobnym żwirem lub darnią). Pokrycie z warstwieca dobrze trzyma ciepło i jest odporne na wpływy atmosferyczne; zwykły spadek dachu 1:15; 1:20. Przy dachach drewnianych krokwie winne być mocne, odległość jedna od drugiej nie  $> 1$  m.; oszalowanie gładkie, równe, z desek 40 mm. grubych; deski heblowane, łączone na czop.

## 22. Materiały budowlane.

### CZĘŚĆ C.

#### a. Gips.

Gips — wodny siarczan wapniowy —  $\text{Ca So. } 2 \text{ H. } 0$ ; przy nagrzewaniu go do  $120^\circ - 150^\circ \text{ C.}$  otrzymuje się gips zwykle używany w handlu, t. zw. alabaster. Alabaster zmielony w proszek i rozrobiony wodą brędko tężeje nagrzewając się. Przy tężeniu objętość jego powiększa się do 1% obj. poprzedn. Przy wypalaniu silniejszym, do  $170^\circ \text{ C.}$ , przeistacza się w gips powoli wiążący. Przy wypalaniu gipsa przy temperaturze wyższej nad  $200^\circ \text{ C.}$ , otrzymuje się przepalony gips niezdatny do tworzenia z wodą zaprawy. Wypalanie gipsu przy  $800 - 1200^\circ \text{ C.}$  daje gips hydrauliczny (estrieich gips).

Alabaster znajduje zastosowanie w budownictwie jako domieszka do zaprawy wapiennej dla otynkowania

wewnątrz budynków grzysów, przepierzeń, sufitów i t. d. i do robót ornamentacyjnych.

Dla wyprawy wewnętrznej ścian drewnianych zaprawą wapienną z domieszką alabastra trzeba na 1 m.<sup>2</sup> ściany: alabastra — 10, 8 kg., wapna żrącego 3,6 kg. Dla wyprawy ścian murowanych, do zaprawy wapiennej dodaje się alabastra od  $\frac{1}{10}$  do  $\frac{1}{20}$  objętości zaprawy. Do wyprawy murów zewnętrznych alabaster używać nie należy z powodu powiększenia się jego objętości pod wpływem wilgoci. Nie należy dodawać alabastru do zaprawy zawierającej portland-cement także z względu na nie stałość objętości; wogóle użycie alabastru do robót jednocześnie z portland-cementem jest niedopuszczalne. Jako skutek wadliwego wpływu gipsu można wskazać na wypadki obwalenia się od stropów i ścian betonowych tynku sporządzonego z zaprawy z domieszką alabastru. W tych wypadkach należy stosować zaprawę cementowo-wapienną; wewnątrz budynku przy ścianach betonowych i przy konieczności użycia alabastru, grzysy należy zapoczątkować narzutką z zaprawy zwykłej, wapiennej, dać tej narzutce wyschnąć i dopiero po narzutce ciągnąć grzysy zaprawą wapienną z domieszką alabastru.

## b. Wapno i zaprawy wapienne.

Wapno lub tlenek wapienny jest produktem wypalania wapieniaków przy temper. 800 — 900° C;  $\text{Ca CO}_3 = \text{CO}_2 + \text{Ca O}$ .

Ca O nazywa się wapnem żrącym lub niegaszonym; CaO chciwie łączy się z wodą wydając ciepło i powiększając się znacznie w objętości (do 2—2½ razy). Przy gaszeniu (lasowaniu) rozpyła się w bardzo drobny proszek i tworzy wodorotlenek Ca (OH)<sub>2</sub> zwany wapnem gaszonym:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca (OH)}_2$ . Zawartość dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> w wapnie winna nie przekraczać normy 1½ — 2%. Należy nadmienić że wapno musi być bardzo dobrze wypalone i przy gaszeniu całkowicie rozpuszczać się; kamienie które nie rozpuszczają się należy odrzucić i odliczyć od wagi dostarczonego wapna. Wapno gaszone (lasowane) i żrące składa się mniej więcej z następujących składników:

|                                 | wapno<br>żrące | wapno<br>gaszone |
|---------------------------------|----------------|------------------|
| tlenek wapienny . . . . .       | 97,81          | 73,01            |
| tlenek magnez . . . . .         | 0,76           | 0,62             |
| tlenek żelaza i glinu . . . . . | 0,34           | 0,48             |
| dwutlenek krzemu . . . . .      | 0,12           | 0,24             |
| dwutlenek węgla . . . . .       | 0,71           | 1,40             |
| woda . . . . .                  | 0,23           | 24,10            |

Zaprawa murarska łączy się przy wysychaniu wskutek działania dwutlenku węgla powietrza na wodorotlenek wapienny, przytem powstaje węglan wapienny i woda  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Gaszenie 1 m.<sup>3</sup> wypalonego kamienia wapiennego (wapno żrące) dla otrzymania ciasta wapiennego potrzebuje: przy bardzo dobrej jakości wapna, — wody 3 m.<sup>3</sup>, pracowników 6 godz., 2) przy średniej jakości — wody 2,5 m.<sup>3</sup>, pracowników 5½ godz., 3) przy gorszej jakości — wody 2 m.<sup>3</sup>, pracowników 5 godz.

Dla otrzymania cieczy wapiennej należy:

w warunkach 1. — wody 3,2 m.<sup>3</sup> pracown. 12 g.

w warunkach 2. — wody 2,7 m.<sup>3</sup> pracown. 12 g.

w warunkach 3. — wody 2,2 m.<sup>3</sup> pracown. 10 g.

Na wyrobienie 1 m.<sup>3</sup> zaprawy z wapna zwyczajnego potrzeba, przy stosunku wapna do piasku:

|       |                                   |                                    |
|-------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1 : 1 | — ciasta wap 0,68 m. <sup>3</sup> | piasku rzecz. 0,68 m. <sup>3</sup> |
| 1 : 2 | — „ „ 0,46 „                      | „ „ 0,93 „                         |
| 1 : 3 | — „ „ 0,33 „                      | „ „ 1 m. <sup>3</sup>              |

Pracowników dla każdego gatunku - 7 godz.

Przy dostawie winno być określono ile części piasku przyjmuje jedna część dostarczanego wapna w stosunku do objętości (naprz. 1:2). Wapno uznaje za dobre jeżeli zaprawa złożona ze wskazanych części wapna i piasku utrzyma stos z 8—10 cegieł po upływie 3 dób przy podnoszeniu go za górną cegłę; w razie jeżeli utrzyma się tylko 6 cegieł lub mniej stosunek wapna do piasku winien być zmieniony. Wytrzymałość zaprawy wapiennej średniej jakości po upływie 28 dni: na rozerwanie  $3 \text{ kg./cm.}^2$ , na ściskanie —  $15 \text{ kg./cm.}^2$ .

### c. Wapno hydrauliczne.

Wapno hydrauliczne jest produktem wypalania marglu; wapno hydrauliczne przy zwilżaniu wodą, częściowo lub całkowicie obraca się w proszek (gasi się). Wapno hydrauliczne sprzedaje się w bryłach (nie gaszone), lub w proszku (gaszone).

Ilość piasku, niezbędna dla otrzymania zaprawy określa się w zależności od zawartości w wapnie gliny hydr., dwutlenku krzemowego i magnezji. Zaprawa z wapna hydraulicznego tęższe powoli, po stwardnięciu jest bardzo mocną. Według norm swajcarskich zaprawa z 1 cz. wapna hydr., 3 cz. piasku i  $\frac{1}{2}$  cz. wody, po upływie 28 dni (3 dni w powietrzu i 25 dni w wodzie) winna wytrzymać: na rozerwanie  $6 - 8 \text{ kg./cm.}^2$ , na ściskanie —  $30 - 50 \text{ kg./cm.}^2$ . Nie które gatunki wapna hydr. dają wytrzymałość w trzy razy większą.

|                   |                  |                        |
|-------------------|------------------|------------------------|
| 1 cz. wapna hydr. | + 1,5 cz. piasku | dają 2,00 cz.zapr.hyd. |
| 1 " " "           | + 2,0 " "        | " 2,40 " " "           |
| 1 " " "           | + 3,0 " "        | " 3,00 " " "           |

### d. Domieszki hydrauliczne.

Domieszki hydrauliczne, są to materiały nie mogące samodzielnie tężeć przy połączeniu z wodą, lecz dodane do wapna robią go hydraulicznym. Do liczby naturalnych



domieszek hydr. zaliczamy pucolanę (tuf ziemny) ziemię santoryńską oraz tras hollenderski.

Domieszką zmielonych pucolan do portland cementu starają się zwiększyć odporność go na działanie wody morskiej; doświadczenia wykazały że w tym kierunku można spodziewać się osiągnięcia dodatnich wyników.

Tras hollenderski jest najwięcej używaną domieszką hydr., posiada bardzo dobre własności hydrauliczne; przy zmieszaniu  $1\frac{1}{2}$  cz. trasy + 1 cz. ciasta wapienn. +  $1\frac{3}{4}$  cz. piasku, otrzymuje się 3,2 cz. zaprawy trasowej.

Z domieszek hydraulicznych sztucznych najwięcej są znane żużle, używane obecnie do wyrobu cementów żużliowych.

Skład żużli według Tetmeier'a —  $\text{CaO}$ ;  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , w stosunku 1; 0,65; 0,35; według Lechatelier'a skład żużli winien być następujący  $2 \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{CaO}$ . Przy wyrobieniu cementu doprowadzą żużle do stanu drobnoziarnistego, co uskutecznia się przez oblewanie wodą zagrzanych żużli, miela je i dobrze mieszają z wapnem lasowanym w proszek.

Cement żużlowy z wyglądu jest podobny do port. cementu, jest tańszy od niego, ciężkość właściwa 2,7; magazynowania nie potrzebuje, — wprost po ukończeniu wyrobu może być użyty do przygotowania zaprawy. Wytrzymałość zaprawy z cementu żużlowego nie jest mniejszą od wytrzymałości zaprawy z portl. cementu, ale ma następujące wady: pęka pod wpływem atmosferycznym daje purchle i t. p. Do robót żelazo-betonowych nie nadaje się zupełnie.

## e. Cement i zaprawy cementowe.

### 1. Cement rzymski (romański)

Cement rzymski (szybkowiązący) otrzymuje się przez umiarkowane wypalanie margli wapiennych i magnezowych i następnie zmielenie wypalonego produktu w cienki proszek. Cement rzymski ma zabarwienie w odcieniach od jasno-żółtego do czerwono-brunatnego. Waga  $1 \text{ m}^3$  — 1040 kg. Ze względu że cem.-ryzm. tężeje szybko, należy przy robotach przyrządzać zaprawę w niewielkich ilościach i używać możliwie prędkiej.

Do muru używa się zaprawa w składzie: 1 cz. cem. rzym. i 2-3 cz. piasku; do otynkowania wilgotnych ścian— 1 cz. cem. rzym. i 4-5 cz. piasku; tynk ma kolor piaskowca.

|                  |                |                      |
|------------------|----------------|----------------------|
| 1 cz. cem. rzym. | + 1 cz. piasku | wydaje 1,6 cz. zapr. |
| 1 " " "          | + 2 " "        | " 2,3 " "            |
| 1 " " "          | + 3 " "        | " 3,0 " "            |

Cement rzymski jest dogodny w wypadkach, kiedy głównym warunkiem jest nie tyle mocność ile rychłe tężenie pod wodą. Ciężkość właściwa cem. rzym. w stanie suchym, przy 120° C, winna być nie mniej 2,6, a nie więcej 3,00. Wytrzymałość na rozerwanie próbki z zaprawy :5 po upływie 28 dni: na powietrzu nie mniej 5 kg.cm.<sup>2</sup>, w wodzie nie mniej 3 kg.cm.<sup>2</sup>. Zawartość bezwodniku kwasu siarkowego winna być nie większa nad 2.6.

Czas tężenia -- nie wcześniej jak po upływie 15 min. od chwili sporządzenia zaprawy. Ilość wody odpowiadająca normalnej gęstości zaprawy wacha się w granicach od 45% do 50%.

Należyście zmielony cem. rzymski winien przechodzić przez sito posiadające 900 otworów na 1 cm.<sup>2</sup>, pozostałość na sicie winna być nie większa nad 15% od ilość przesianej. Badania niezmienności objętości zaprawy z czystego cementu dokonywane są w taki sam sposób jak cementu portl., lecz po upływie 2 dób od chwili wyrobienia próbnych płytek.

Cem. rzym. pakuje się w beczki i worki z uwidocznieniem na każdym pakunku wagi brutto i marki.

Dla wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> zaprawy trzeba:

| Stosunek<br>cem. rzymsk.<br>do piasku na<br>objętość | Cem. rzymskiego             |             | Piasku średnio-<br>ziarnistego<br>rzecznego<br>m. <sup>3</sup> | Wody<br>litrów (kg) |
|------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                                      | Objętość<br>m. <sup>3</sup> | Waga<br>kg. |                                                                |                     |
| 1 : 1                                                | 0,66                        | 685         | 0,67                                                           | 375                 |
| 1 : 2                                                | 0,44                        | 460         | 0,89                                                           | 340                 |
| 1 : 3                                                | 0,33                        | 340         | 1,00                                                           | 340                 |
| 1 : 4                                                | 0,25                        | 260         | 1,07                                                           | 320                 |
| 1 : 5                                                | 0,20                        | 210         | 1,11                                                           | 300                 |

W zależności od marki  
cem. ilość wody należy  
sprawdzać.

Pracowników — 6 godz.

## 2. Cement portlandzki.

Cem. portl. wyrabia się z sztucznej mieszaniny gliny ( $\sim 25\%$ ) i węgla wapniowego ( $\sim 75\%$ ), lub jako wyjątek z naturalnych margli, przy odpowiednim do wymagań składzie. Fabrykacja port. cem. z mieszaniny sztucznej składa się z następujących okresów: 1. mieszania surowców, 2. wyrobienia cegły cementowej (surówki), 3. suszenia surówki, 4. wypalania surówki i otrzymania przez to „klinkru” cementowego, 5. mielenie klinkru. Przy wypalaniu w piecach obracalnych roboty podane w p. p. 2 i 3 są zbyteczne. Przy wyrobieniu port.-cem. z naturalnych margli od wymienionych robót zostają tylko: wypalanie margli i następnie mielenie „klinkru”. W zależności od jakości surowców mieszanie ich wykonywa się w jeden z nast. sposobów: 1. Sposób suchy — przy wapniakach lub marglach twardych, 2. Sposób mokry — przy surowcach miękkih naprz.—kreda, margiel wapniowy, 3. Sposób mieszany, 4. Sposób Bergruen'a, czyli sposób mieszania surowców w stanie ich naturalnej wilgoci. Temperatura wypalania 1450–1500° C. Wypalanie cementu przeprowadza się w piecach stałych (nieruchomych) i obracalnych.

Obecnie do wypalania cementu najczęściej używają piecy obracalne, ponieważ one są dogodnie ze względu na automatyczność i nieprzerwalność wypalania oraz dogodność nadzoru. Zwykła długość pieców obracalnych 35-50 m., dosięga 75 m.; średnica górnej części bębna 2—2,2 m., dolnej — 2,5 m.; nachylenie bębna do poziomu 3-6°, liczba obrotów 0,5—1 na 1 min.; produkcja 420—450 beczek na dobę przy sposobie suchym i 350—400 becz. przy sposobie mokrym. Strony ujemnie pieców obracalnych: większy rozchód paliwa, kosztowność instalacji.

Skład chemiczny cementu-portl.

|                                                       |                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------|
| Dwutlenek krzemionku $\text{Si O}_2$ —max.            | 29,09 min. 21,04. |
| Trójtlenek glinowy $\text{Al}_2 \text{O}_3$ . . . . . | 8,15—3,20         |
| Tlenek żelaza $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ . . . . .      | 4,73—1,50         |
| Wapno $\text{Ca O}$ . . . . .                         | 65,35—61,42       |
| Magnezja $\text{Mg O}$ . . . . .                      | 2,14—0,32         |
| Bezwodnik kwasu siark. $\text{S O}_2$ . . . . .       | 1,67—0,04         |
| Alkalja . . . . .                                     | 2,00—0,19         |
| Składniki lotne . . . . .                             | 3,75—3,08         |
| Hydromodul . . . . .                                  | 2,17—1,80         |

Ciężkość właściwa 3,17—3,03.

Hydromodulem portl. cem. nazywa się stosunek według wagi  $M = \frac{\text{Ca O}}{\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3}$

Waga beczki portl. cem. 165—167 kg.; pojemność beczki ~ 120 l.; waga 1 m.<sup>3</sup> = 1445 kg.; kolor portl. cem. zielonkawo-szary.

Każda beczka winna posiadać markę firmy; cement winien być dobrze zmielony, a mianowicie przy przesiewaniu przez sito o 4300 otworach na 1 cm.<sup>2</sup>, przy grubości drutu 0,05 mm., przeszło 50%, przez sito o 900 otworach na 1 cm.<sup>2</sup>, przy grubości drutu o 0,1 mm. — 85%. Objętość zaprawy z czystego cementu nie powinna ulegać zmianie, tak przy nagrzewaniu do 120°C., jak i przy zanurzeniu na 28 dni do wody. Tężenie winno zaczynać się nie wcześniej niż po upływie 20 min. od czasu dolania wody, a koniec tężenia nie wcześniej od 1 do 12 godzin.

Terminy te winny być określone przy pomocy igły Wikes'a. Zaprawa z czystego portl. cem. po upływie 7 dni od czasu przygotowania winna wykazać wytrzymałość na rozerwanie nie mniej 25 kg/cm.<sup>2</sup>, po upływie 28 dni — 30 kg/cm.<sup>2</sup>.

Zaprawa z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku, w stosunku do objętości, winna okazać wytrzymałość na rozzerwanie, po upływie 7 dni—9 kg/cm.<sup>2</sup>, a po upływie 28 dni—12 kg/cm.<sup>2</sup>.

## f. Zaprawy cementowe

Czysty portl. cement używa się jako zaprawa w wypadkach wyjątkowych, naprz. do zalania pęknięć, otworów wierlniczych i t. p.; zwykle do robót tynkowych, betonowych i żelbetowych portl. cement używa się w mieszaninie z piaskiem. Zaprawy z 1 cz. portl. cem., a 1—2 cz. piasku są stosowane w wypadkach, kiedy potrzebna jest znaczna wytrzymałość na starcie (podłoga), lub **wodnieprzenikalność** (otynkowanie zbiorników). Zaprawy takie są stosowane też przy budowlach morskich, podlegających działaniu fali morskiej i piasku unoszonego przez nią. Zaprawa o tymże składzie, używa się do umocowania w kamieniu lub betonie części żelaznych, naprz. poręczy, zespopek i t. p.

Przy zalewaniu zespoín zaprawą płynną biorą na 1 cz. cementu nie więcej 1 cz. piasku. Zaprawy z 1 cz. cem. i 3—5 cz. piasku używane są do układania murów, fundamentów, do wyrobu kamieni sztucznych, do betonów i tynków.

**Tabela wytrzymałości zaprawy z cem. portl. w zależności od składu i terminu tężenia.**

| Zaprawa skład. | Wytrzymałość na rozzerwanie w kg/cm. <sup>2</sup> po upływie |         |         |        |       | Wytrzym. na rozdrob. przy ściskaniu w kg/cm. <sup>2</sup> po upływie |         |         |        |       |
|----------------|--------------------------------------------------------------|---------|---------|--------|-------|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|--------|-------|
|                | 28 dni                                                       | 3 mies. | 6 mies. | 1 roku | 2 lat | 28 dni                                                               | 3 mies. | 6 mies. | 1 roku | 2 lat |
| 1 : 1          | 47,0                                                         | 61,9    | 70,0    | 75,1   | 82,1  | 521                                                                  | 647     | 708     | 792    | 852   |
| 1 : 2          | 42,3                                                         | 58,3    | 64,8    | 71,1   | 77,7  | 489                                                                  | 589     | 652     | 712    | 788   |
| 1 : 3          | 38,9                                                         | 52,4    | 61,3    | 66,9   | 72,2  | 399                                                                  | 515     | 589     | 608    | 652   |
| 1 : 4          | 29,7                                                         | 46,2    | 54,3    | 60,9   | 66,3  | 308                                                                  | 418     | 491     | 509    | 560   |
| 1 : 5          | 24,5                                                         | 41,1    | 50,3    | 54,4   | 60,5  | 233                                                                  | 324     | 355     | 370    | 410   |

Cyfry podane w powyższej tabeli odnoszą się do próbek, tężenie których odbywało się na powietrzu; wytrzymałość zaś zaprawy z czystego cementu, po upływie 28 dni przy tężeniu w wodzie wynosi: na rozierwanie — 27,5 kg/cm.<sup>2</sup>, na rozdrobienie przy ściskaniu 302,8 kg/cm.<sup>2</sup>.

**Tabela ilości otrzymanej zaprawy w zależności od ilości części poszczególnych materiałów użytych do mieszanki.**

| Ilość w hektolitrach |        |      |                          | Do wyrobienia 1 m. <sup>3</sup> zaprawy przy wadze 1 m. <sup>3</sup> cem. = 1400 kg. potrzeba |                        |                  |
|----------------------|--------|------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|
| Cementu              | Piasku | Wody | otrzymane<br>z mieszanki | Cem. kg.                                                                                      | piasku m. <sup>3</sup> | wody litrów (kg) |
| 1                    | 1      | 0,53 | 1,50                     | 925                                                                                           | 0,667                  | 360              |
| 1                    | 2      | 0,70 | 2,22                     | 615                                                                                           | 0,888                  | 340              |
| 1                    | 3      | 0,95 | 3,00                     | 460                                                                                           | 1,000                  | 330              |
| 1                    | 4      | 1,22 | 3,80                     | 350                                                                                           | 1,053                  | 330              |
| 1                    | 5      | 1,44 | 4,50                     | 280                                                                                           | 1,100                  | 340              |

Pracowników do wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> zaprawy — 6 godz.

### g. Zaprawy cementowo-wapienne.

Przy układaniu murów lądowych odpowiednim jest stosowanie zapraw cementowo-wapiennych, otrzymywanych w drodze domieszki do zaprawy cementowej pewnej ilości wapna, co nadaje zaprawie plastyczność, a przy odpowiednim stosunku składników zaprawa staje się dostatecznie mocną. Zaprawa cem.-wapienna ma tę przewagę przed zwykłą zaprawą wapienną, że budynki murowane na zaprawie cem.-wapiennej wysychają łatwiej i rychlej nadają się do zamieszkania. Koszt zaprawy cem.-wapiennej przewyższa koszt zaprawy wapiennej o 3 — 5%.

Dla wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> zaprawy cem.-wap. potrzeba:

| Stosunek na<br>objętość cem.,<br>wapna i piasku | Cem. portl.     |     | Wapna,<br>ciasta lub<br>cieczy m. <sup>4</sup> | Piasku śred-<br>nioziarnist.<br>rzeczn. m. <sup>4</sup> |
|-------------------------------------------------|-----------------|-----|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                                 | m. <sup>3</sup> | kg. |                                                |                                                         |
| 1:0,5:5                                         | 0,200           | 280 | 0,100                                          | 1                                                       |
| 1:1:6                                           | 0,167           | 234 | 0,167                                          | 1                                                       |
| 1:1,5:8                                         | 0,125           | 175 | 0,187                                          | 1                                                       |
| 1:2:9                                           | 0,100           | 140 | 0,200                                          | 1                                                       |

- Pracowników — 8 godz.

Do murowania kominów fabrycznych Lang zaleca stosować nast. skład zaprawy: do murowania dolnej połowy kominu — 1 cz. cementu + 2,5 cz. wapna + 8 cz. piasku; do murowania górnej połowy — 1 cz. cementu + 2 cz. wapna + 6 cz. piasku; dla wierzchołka komina — 1 cz. cementu + 1 cz. wapna + 4 cz. piasku.

Według Dickerhof'a podane niżej zaprawy nabywają własność wodonieprzepuszczalności po 7 dniach tężenia, przy grubości warstwy zaprawy 15 mm. i ciśnieniu słupa wody wysokości 5 m:

1 cz. cementu, 2 cz. piasku, 0,5 cz. ciasta wapiennego;

1 „ „ 3 „ „ 1 „ „ „

1 „ „ 5 „ „ 1,5 „ „ „

1 „ „ 6 „ „ 2 „ „ „

Do wyrobienia zaprawy cement.-wap są używane dwa sposoby:

1) wymierzają na objętość ciasto wapienne, rozczyniają go wodą, a do otrzymanej cieczy wapiennej dodają, mieszając ciągle, zawczasu przygotowaną suchą mieszaninę z cementu i piasku;

2) dokładnie mieszają wapno w proszku, cement i piasek, a następnie dodają do mieszaniny potrzebną ilość wody.

**Tabela ilości otrzymanej zaprawy w zależności od ilości części poszczególnych materiałów użytych do mieszanki.**

| Mieszanka                      |                               |                             |                            | Otrzymuje się zaprawę cementowo-wapienną części objętościowych |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Cementu części objętościowych. | Piasku części objętościowych. | Ciasta wapiennego objętośc. | Wody części objętościowych |                                                                |
| 1                              | 5                             | 0,5                         | 1,30                       | 4,9                                                            |
| 1                              | 6                             | 1,0                         | 1,35                       | 6,0                                                            |
| 1                              | 7                             | 1,0                         | 1,60                       | 6,8                                                            |
| 1                              | 8                             | 1,0                         | 1,60                       | 7,0                                                            |
| 1                              | 9                             | 1,5                         | 1,60                       | 7,8                                                            |
| 1                              | 10                            | 2,0                         | 1,70                       | 9,45                                                           |

**UWAGA:** na ogół można liczyć : 1. — objętość otrzymanej zaprawy = objętości ciasta wapiennego + 2. objętości piasku i cementu; 2. — objętość wody = objętości cementu + 0,07 objętości piasku.

**Tabela wytrzymałości zaprawy cement. - wapienn. według Büsing'a i Schumann'a.**

| Skład zaprawy<br>cem.+pias.<br>+wapn. | Wytrzymał. na rozciąganie<br>kg./cm. <sup>2</sup> po upływie |            |            |           |          | Wytrzymał. krańcowa na ściskanie kg./cm. <sup>2</sup> po upływie |            |            |           |          |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------|----------|------------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------|----------|
|                                       | 28<br>dni                                                    | 3<br>mies. | 6<br>mies. | 1<br>roku | 2<br>lat | 28<br>dni                                                        | 3<br>mies. | 6<br>mies. | 1<br>roku | 2<br>lat |
| 1 : 6 : 0,5                           | 20,9                                                         | 37,6       | 40,3       | 45,3      | 58,5     | 186                                                              | 315        | 338        | 351       | 361      |
| 1 : 8 : 0,75                          | 15,3                                                         | 22,0       | 29,1       | 35,3      | 41,8     | 113                                                              | 196        | 215        | 233       | 268      |
| 1 : 10 : 1                            | 10,4                                                         | 14,8       | 16,6       | 22,4      | 26,4     | 80,2                                                             | 127        | 153        | 165       | 208      |

Podane cyfry odnoszą się do próbek tężenie których przeprowadzało się na powietrzu. Pod słowem „wapno” w tabeli rozumieć należy ciasto wapienne wysuszone przy 100° C., zmielone i przesiane przez mialkie sito.



## h. Beton i żelbeton.

1. Betonem nazywa się sztuczny materiał budowlany składający się z zaprawy i balastu. Balastem służy szaber kamienny lub ceglany, żwir, żużel, koks i t. p. Odpowiednio do sposobu wyrobienia beton dzieli się na „suchy” i „mokry” (zlewny). Pierwszy z niewielką ilością wody, znajduje zastosowanie w wypadkach kiedy może być dobrze ubity; drugi zaś z znaczną ilością wody, tam gdzie ubijanie jest niemożliwe naprz. przy robotach w wodzie. Przy jednakowych składowych częściach, suchy beton początkowo jest mocniejszy od mokrego, lecz po upływie pewnego dłuższego czasu, różnica ta prawie ustaje.

Od połączenia betonu cementowego i żelaza w taki sposób, że przy jednoczesnej pracy tych materiałów, główne ich własności, a mianowicie wytrzymałość żelaza przy rozciąganiu, a betonu przy ściskaniu zostają wykorzystane należycie, wytwarza się ustrój, który nazywają żelbetonem. Połączenie takie staje się dopuszczalnym z powodu istniejącej wielkiej zczepności żelaza z betonem i prawie jednakowym dla obu materiałów cieplnym współczynnikiem rozszerzalności.

W ustrojach żelbetowych, pracujących na gięcie, żelazo będąc założone w części rozciągniętej przyjmuje na siebie siły rozciągające, w częściach zaś ściśniętych pracuje beton, w ten sposób zostają wykorzystane cenne zalety obydwu materiałów. Jeżeli ustrój podlega tylko ściskającym siłom, zaopatrzenie betonu w uzbrojenie żelazne jest również bardzo pożytecznem, gdyż ułatwia się przylem praca betonu na ściskanie, podwyższa się jego sprężystość i zwiększa się wytrzymałość na wyboczenie; w obecności natężeń stycznych, przy których bezpieczne obciążenie betonu może zostać przekroczonem, użycie uzbrojenia jest niezbędnem.

Żelbeton używa się do budowy domów mieszkalnych, gmachów fabrycznych, składów, mostów, rur podtorowych, kominów fabrycznych, zbiorników, komór turbinowych; fundamentów, murów wsporczych, parkanów, słupów i t. p. Żelbeton jest materiał ogniotrwały, stosunkowo tani i lekki, prawie nie potrzebuje remontu, może być stosowany do bardzo złożonych konstrukcji. Główniejsze strony ujemne:

znaczny koszt budulca do rusztowania i sporządzenia form, dźwiękoprzewodność, trudność wykonania przeróbek i przebudowań w gotowych częściach.

**2. Skład betonu:** we wszystkich przypadkach użycia betonu do budowli, należy dążyć do otrzymania betonu zwartego. Piasek drobny potrzebuje więcej cementu niż gruby, z tego powodu, przy jednakowych ilościach cementu zaprawa z piaskiem grubym jest mocniejsza od zaprawy z piaskiem drobnym. W zaprawie cement winien zapelniać wszystkie pustki pomiędzy ziarnkami piasku, a w betonie zaprawa wszystkie pustki w balaście (pomiędzy żwirem lub szabrem). Dla tego aby być pewnym że ziarenka piasku lub balastu ze wszystkich stron zostały należycie oblepione, piasek cementem, a szaber zaprawą, w zaprawie winien być pewny zbytek cementu, a w betonie zbytek zaprawy.

Do określenia najodpowiedniejszego składu betonu z materiałów znajdujących się na robocie, koniecznym jest wiedzieć objętość miejsc pustych pomiędzy ziarnkami żwiru lub szabru i piasku. Osiąga się to w sposób następujący: naczynie o pojemności dokładnie wymierzonej zapelniają żwirem lub szabrem do wysokości brzegów, następnie napelniają naczynie wodą; objętość dolanej wody, podzielona przez objętość naczynia, a pomnożona przez 100, wykaże objętość miejsc pustych w % %. Dla określenia objętości pustek pomiędzy ziarnkami piasku: suszą go i określają wagę jednostki objętościowej i ciężkość właściwą suchego piasku; nazywając przez  $g$  wagę jednostki objętościowej suchego piasku, a przez  $d$  jego ciężkość właściwą (w przybliżeniu = 2,6) otrzymamy: objętość masy piasku =  $\frac{g}{d}$  - jedn. objętośc.; objętość pustek  $W = 1 - g : d$ ; objętość pustek w % % od objętości piasku  $\alpha = 100 \left( 1 - \frac{g}{2,6} \right)$ .

**Przykład:** 10 litr. such. piasku waży 16 kg., wtedy objętość pustek =  $10 - \frac{16}{2,6} = 3,85$  l., a więc  $\alpha = 38,5\%$  objętości piasku.

Po określeniu objętości pustek, najodpowiedniejszy skład betonu można odnaleźć sposobem następującym:

Oznaczamy:

|                                 |  |                                 |
|---------------------------------|--|---------------------------------|
| C — ilość (obj.) cementu        |  | $\alpha$ — obj. pustek w piasku |
| P — „ „ piasku                  |  | w %                             |
| K — „ „ żwiru                   |  | $\beta$ — obj. pustek żwiru w % |
| V — objętość otrzymanego betonu |  | $\delta$ — nadmiar cementu w %  |

Wartość nadmiaru  $\delta$ : dla betonu ubijanego fundamentów — 10%, dla betonu w budowlach nad powierzchnią ziemi — 15%; w ustrojach żelbetowych: dla części o przekroju większym — 20%, dla części o przekroju małym — 25%.

Poniższe wzory dają możliwość określenia najodpowiedniejszego stosunku pomiędzy składnikami betonu znając objętości pustek  $\alpha$  i  $\beta$ , oraz nadmiar cementu  $\delta$ .

$$P : C = 1 : \alpha (1 + \delta); \quad k : C = (1 + \delta \cdot \alpha) : \alpha \beta (1 + \delta)^2 \quad . . . \quad (1)$$

Ilości objętościowe cementu, piasku i żwiru, potrzebne do wyrobienia objętości  $V$  betonu określają się za pomocą wzorów:

$$k = V (1 + \delta \cdot \beta); \quad P = V (1 + \delta) \cdot \beta : (1 + \delta \cdot \alpha) (1 + \delta \beta);$$

$$C = \alpha \beta (1 + \delta)^2 V : (1 + \delta \alpha) (1 + \delta \beta) \quad . . . \quad (2)$$

**Przykład:** Znaleźć najodpowiedniejszy skład betonu, dla 1 m.<sup>3</sup> betonu, który ma być użyty do fundamentów, przyjmując że w piasku 38,5%, a w żwirze 45% pustek (na objętość);

Objętość cementu = 1;  $\alpha = 0,385$ ;  $\beta = 0,45$ ;  $\delta = 0,1$   
względem wzoru (1) otrzymamy:

$$P : 1 = 1 : (1 + 0,1) \cdot 0,385 = 2,44.$$

$$k : 1 = (1 + 0,1 \cdot 0,385) : 0,385 \cdot 0,45 (1 + 0,1)^2 = 4,76.$$

Więc najodpowiedniejszy skład betonu będzie: 1 cz. cementu, 2,44 cz. piasku i 4,76 cz. żwiru.

Dla wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> betonu tego potrzeba (wzór 2):

$$\text{żwiru} — k = 1 : (1 + 0,1 \cdot 0,45) = 0,957 \text{ m.}^3$$

$$\text{piasku} — P = 1 (1 + 0,1) \cdot 0,45 : (1 + 0,1 \cdot 0,385) (1 + 0,1 \cdot 0,45) = 0,456 \text{ m.}^3$$

$$\text{cementu} — C = 0,385 \cdot 0,45 (1 + 0,1)^2 \cdot 1 : (1 + 0,1 \cdot 0,385) (1 + 0,1 \cdot 0,45) = 0,193 \text{ m.}^3$$

$$\text{lub } 0,193 \cdot 1400 = 270,2 \text{ kg.}$$

Dla określenia najodpowiedniejszego składu zaprawy należy w powyższych wzorach dla  $P$  i  $C$  przyjąć  $\beta = 1$ , przytem wzór dla  $k$  jest zbytecznym.

Przy zestawieniu przedwstępnych kosztorysów, kiedy materiały nie są jeszcze zakupione, a więc i współczynniki  $\alpha$  i  $\beta$  nie są dokładnie określone, ilość poszczególnych składników betonu na jednostkę objętościową obliczają w przybliżeniu. Jeżeli  $1:m:n$  jest skład betonu (cem., piasek, żwir lub szaber), a  $V$  — objętość wyrobionego betonu, to stosunek  $V:(1+m+n) = k$  będzie współczynnikiem, mnożąc przez który sumę objętości poszczególnych części składowych betonu, nie wyłączając i wody, otrzymamy właściwą objętość betonu. Przeciętnie objętość otrzymanego betonu  $V = (1+m+n+\text{woda}) \cdot 0,6$ . Zwykle na wodę przypada około 25% objętości wszystkich części stałych, więc suma objętości składników betonu (w stanie luźno nasypanym) + woda =

$$(1+m+n) + 0,25(1+m+n) = 1,25(1+m+n)$$

Objętość betonu  $V = 0,6 \cdot 1,25 \cdot (1+m+n) = 0,75(1+m+n)$ , skąd  $k = 0,75$ , a więc objętość otrzymanego betonu wynosi  $\frac{3}{4}$  sumy objętości stałych części składowych.

Przy objętości betonu  $V$

$$\text{objętość cementu } C = \frac{V}{k \cdot (1+m+n)} \cdot 1 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Objętość piasku } P = \frac{V}{k \cdot (1+m+n)} \cdot m \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Objętość żwiru } K = \frac{V}{k \cdot (1+m+n)} \cdot n \dots \dots \dots (3)$$

**Przykład:** Określić objętość cementu i piasku dla 1 m.<sup>3</sup> zaprawy 1:4.

$$V = 1; k = 0,75; m = 4; n = 0$$

$$C = \frac{1}{0,75(1+4)} = 0,267 \text{ m.}^3 \text{ lub } 0,267 \cdot 1400 = 373 \text{ kg.}$$

$$P = \frac{1}{0,75 (1 + 4)} \cdot 4 = 1,068 \text{ m.}^3 \sim 1,07 \text{ m.}^3$$

Przyjmując we wzorach (1) i (2): objętość betonu  $V = 1$ ;  $k = 0,75$ ;  $n = 0$ , to

$$C = \frac{1,333}{1 + m}; P = \frac{1,333}{1 + m} \cdot m, \text{ a więc } P = C \cdot m.$$

Biorąc pod uwagę rozmaite straty materiałów przy robotach, można odrzucić od mianownika we wzorach 1, 2 i 3 liczbę odnośną do cementu t. j. 1 i liczyć ostatecznie że:

$$\text{Objętość cementu } C = \frac{V}{(m + n)} \cdot k \cdot 1.$$

$$\text{„ piasku } P = \frac{V}{(m + n)} \cdot k \cdot m = C \cdot m.$$

$$\text{„ żwiru } K = \frac{V}{(m + n)} \cdot n = C \cdot n.$$

**Przykład:** Określić ilości materiałów dla wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> betonu składu 1 : 3 : 6:

$$C = \frac{1}{(3 + 6) \cdot 0,75} = 0,148 \text{ m.}^3$$

$$P = 0,148 \cdot 3 = 0,444 \text{ m.}^3$$

$$K = 0,148 \cdot 6 = 0,888 \text{ m.}^3$$

Dla otrzymania betonu zwartego używają zwykle proporcje:

dla betonu ze żwirem 1 : m : 2 m.

„ „ z szabrem 1 : n : 1,5 n.

**3. Sposoby wyrobienia betonu.** Beton wyrabia się sposobem ręcznym i maszynowym.

Przy robocie ręcznej 12 pracowników w przeciągu 8 godzin wyrabiają od 12 — 16 m.<sup>3</sup> betonu. Wskazówki co do jakości składników oraz porządku, który winien być utrzymany przy wyrobieniu betonu są podane w dodatku do rozdziału III art. 3.

Wyrobień betonu sposobem maszynowym (betoniarki) ma przewagę nad sposobem ręcznym, zwłaszcza przy wyrabianiu dużych ilości betonu, ze względu na przyspieszenie procesu wyrabiania i oszczędności w robociznie. Beton wyrobiony sposobem maszynowym jest zawsze jednakowo dobrze zmięszany, co przy sposobie ręcznym jest niewykonalnym. Pomiedzy rozmaitych systemów betoniarek najwięcej znane są betoniarki:

1. Amerykańska Ransom'a: pojemność bębna od 60 do 1200 l.; bęben może być ładowany do 40 razy na godzinę. Wydajność za 8 godzin pracy od 20 do 380 m.<sup>3</sup> betonu; ilość obrotów bębna na 1 min. 24 — 14, obrotów wału — 175 — 100; potrzebny silnik od 1½ — 16 HP.

2. Betoniarka szwajcarska z bębniem rozsuwającym się. Maszyna ta zaopatrzona w dźwig, dla podnoszenia i nasypania materiałów w bęben, oraz w zbiornik dla wody. Ładunek bębna od 150 do 500 l., ilość obrotów bębna na 1 min. 14 — 10; wydajność — 5 — 20 m.<sup>3</sup> na godzinę; waga maszyny od 2865 do 4176 kg.; silnik 3 — 5 H. P. (K. M.)

Bęben z żelaza łanego tej betoniarki składa się z dwóch rozsuwających się półkuli, brzegi których przy zsuwaniu przytykają się tak szczelnie, że woda nie przecieka. Przy robocie dobrze zorganizowanej bęben można wyładowywać 30 — 40 raz na godzinę.

Przy robotach betonowych większych, kiedy szabru potrzeba dużo, należy tłuc kamień na szaber maszyną, a nie w sposób ręczny. Dobre maszyny do tłuczenia kamienia angielskie wytwórni Hadfield'a.

## **i. Rozchód materiałów bud. i robocizny przy niektórych robotach murarskich.**

1. Ilość materiałów i robocizny dla wyrobienia 1 m.<sup>3</sup> muru z kamienia:

- |                                  |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| a. Kamienia polnego lub łamanego | 1,11 m. <sup>3</sup> . |
| tłuczni z cegły lub kamienia     | 0,14 m. <sup>3</sup>   |
| zaprawy                          | 0,37 m. <sup>3</sup>   |
| murarzy majstrów                 | 6 godz.                |
| pomocników                       | 5 godz.                |
| b. Płyty kamiennej               | 1,16 m. <sup>3</sup>   |
| zaprawy                          | 0,37 m. <sup>3</sup>   |
| murarzy majstrów                 | 6 godz.                |
| pomocników                       | 5 godz.                |

2. Rozchód cementu portl. i piasku na 1000 cegieł muru, przy zaprawie:

| Stosunek                   | 1 : 2                           | 1 : 3 | 1 : 4 | 1 : 5 | 1 : 6 | 1 : 7                |
|----------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| Cementu kg. .              | 470                             | 350   | 280   | 235   | 210   | 180 kg.              |
| Piasku m. <sup>3</sup> . . | 0,68                            | 0,78  | 0,87  | 0,87  | 0,87  | 0,87 m. <sup>3</sup> |
| Zaprawy m. <sup>3</sup>    | od 0,75 do 0,85 m. <sup>3</sup> |       |       |       |       |                      |

3. Ilość materiałów potrzebnych przy murowaniu ścian i sklepienia z cegły o wymiarach 27 × 13 × 7 cm. przy spoinach łożyskowych grubości 13 mm. (12 rzędów w 1 m. wysokości muru) i spoinach pionowych — 10 mm. — od 1 m.<sup>3</sup> roboty:

**a. Roboty grubości 1½ cegły i powyżej:**

|                              |            |                         |
|------------------------------|------------|-------------------------|
| Cegły—310 szt.               | } + Straty | mur zwyczajny — 5%      |
| Zaprawy—0,24 m. <sup>3</sup> |            | sklepienie proste—10%   |
|                              |            | sklepienie złożone —20% |

**b. Roboty grubości 1 cegła i poniżej:**

|                                         |                |
|-----------------------------------------|----------------|
| Cegły od 310 do 370 szt.                | } + Straty dla |
| Zaprawy od 0,23 do 0,16 m. <sup>3</sup> |                |
| murów zwyczajnych — 5%                  |                |

|                   |   |              |
|-------------------|---|--------------|
| sklepień prostych | { | cegły —10%   |
|                   |   | zaprawy —15% |

|                    |   |              |
|--------------------|---|--------------|
| sklepień złożonych | { | cegły —20%   |
|                    |   | zaprawy —25% |

4. Ilość robocizny potrzebnej przy murowaniu ścian, różnej grubości, z cegły o wymiarach i spoinach jak w punkcie 3 na każde 1000 szt. cegiel:

| Grubość ściany, cegiel . . | 1/2 | 1  | 1½ | 2  | 2½ | 3  | 3½ | 4  |
|----------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Murarzy godzin. . . . .    | 84  | 60 | 43 | 34 | 29 | 27 | 25 | 24 |

## 5. Rozchód materiałów na podłogi i chodniki betonowe.

|                     | BETON<br>WARSTWA DOLNA |                  |                     | BETON<br>WARSTWA GÓRNA |        |                     | ROZCHÓD<br>NA 1 m. <sup>2</sup> |                                         |
|---------------------|------------------------|------------------|---------------------|------------------------|--------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
|                     | Stosunek               |                  | Gru-<br>bość<br>cm. | Stosunek               |        | Gru-<br>bość<br>cm. | Ce-<br>mentu<br>kg.             | Piasku<br>i<br>żwiru<br>m. <sup>3</sup> |
|                     | Cement                 | Piasek<br>i żwir |                     | Cement                 | Piasek |                     |                                 |                                         |
| Podłogi w piwnicach | 1                      | 9                | 5,0                 | 1                      | 2      | 1,0                 | 14,5                            | 0,063                                   |
|                     | 1                      | 9                | 7,5                 | 1                      | 2      | 1,0                 | 18,5                            | 0,091                                   |
|                     | 1                      | 6                | 15,0                | 1                      | 1      | 2,0                 | 56,0                            | 1,175                                   |
| Chodniki            | 1                      | 9                | 10,0                | 1                      | 1      | 2,0                 | 35,5                            | 0,122                                   |
|                     | 1                      | 12               | 10,0                | 1                      | 1      | 2,0                 | 31,0                            | 0,121                                   |

### k. Zabarwienie zapraw i betonów cementowych.

Zabarwienie zapraw i betonów cementowych osiąga się przez dodanie do portl. cementu farby mineralnej w proszku 1 lub 2% na wagę. Nieszkodliwe dla cementu farby są: sadza (lampowa, oraz kość palona), błękit berliński, ultramaryna, ochra żółta, umbra palona, mumja; cynowar ołowiany można dodawać w ilości nie wyżej nad 1%. Farbę należy dokładnie zmieszać z cementem, następnie dodać suchy piasek w proporcji przewidzianej, znowu dokładnie zmieszać, następnie dodać suchy tłuczeń i nanowo zmieszać; po otrzymaniu mieszaniny jednokolorowej stopniowo dolewać wody w potrzebnej ilości. Dla otrzymania różnych kolorów i odcieni trzeba domieszać



do cementu następujące ilości farby (w % % odnośnie do do wagi cementu):

| FARBY                 | Odcienie przy ilości farby |                   |                 |                      |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
|                       | 0,5%                       | 1%                | 2%              | 4%                   |
| Sadza lampowa . . . . | Jasno-szary                | Jasno-szary       | Szaro-niebieski | Szary                |
| Błękit berlin . . . . | Szaro-zielonawy            | Szaro-niebieskawy | Szaro-niebieski | Jasny szaroniebieski |
| Ultramaryna . . . .   | —                          | Jasno-niebieskawy | Szaro-niebieski | Jasny szaroniebieski |
| Ochra żółta . . . .   | Jasno-zielony              | Szaro-różowy      | Ciemno-różowy   | Jasno-żółty          |
| Umbra palona . . . .  | Jasno-różowy               | —                 | Ciemno-różowy   | Czekoladowy          |
| Mumja . . . . .       | Jasno-różowy               | Ciemno-różowy     | Terakotowy      | Czerwony             |

Ostatecznie kolor zabarwionej zaprawy lub betonu zależy od koloru cementu, piasku i tłucznia; ta lub inna ilość wody w zaprawie i betonie okazuje wpływ na odcienia ich zabarwienia.

## 1. Malowanie powierzchni betonowych i cementowych.

Przedtem jak pokrywać powierzchnię betonową w budynku lub wyrobu z cementu farbą olejną, należy ją dokładnie oczyścić i wymyć oraz dać budynkowi lub wyrobowi dłuższy czas na przewiew na wolnem powietrzu, co jest konieczne mając na względzie że znajdujące się na niewytrzymałej powierzchni cementowej alkalia omydlają olej i wadliwie oddziałują na farbę. Dla usunięcia omydlania, pokrywają powierzchnię betonową lub cementową roztynem kwasu siarczanego (1 cz. kwasu na 100 cz. wody). Dla malowania ścian betonowych i wyrobów cementowych bez należytego wytrzymania ich, posługują się farbami specjalnemi.

## m. Wyroby z betonu i cementu.

### 1. Pustaki.

Pustaki używają się do budowy domów mieszkalnych-budynków przemysłowych i gospodarczych. Dodatnie strony użycia pustaków: a) cieńkość murów, ponieważ puste przestrzenie wewnątrz pustaków tworzą ciepłą izolację powietrzną i tym pozwalają oszczędzać na grubości murów, b) szybkość murowania. Strony ujemne: trudność wykonania łuków, trudność tynkowania ścian, trudność należytego ułożenia pustaków do muru.

Pustaki zwykle wyrabiają się w specjalnych wytwórniach lecz mogą wyrabiać się i na miejscu robót przy pomocy specjalnych narzędzi i ręcznych maszyn.

Skład betonu do wyrobu pustaków — przy mieszaniu wilgotnej — 1 cz. cem., nie więcej 3 cz. piasku i 4 cz. żwiru lub szabru. Cement obowiązkowo portlandzki i winien odpowiadać warunkom technicznym dobrego cementu (podane w dodatku 2) piasek czysty, bez domieszek o ziarnach różnej wielkości, lecz nie więcej nad 5 mm.; szaber z kamienia czysty, wielkość od 5 do 20 mm., w razie użycia żwiru — wymiary te same co dla szabru. W mur pustaki należy układać nie wcześniej 3-ch tygodni od dnia wyrobienia. W ciągu pierwszych 7—10 dni po wyrobieniu, pustaki winny być wciąż zwilżane wodą i przechowywać się ukryte od wiatru, mrozu i słońca; po upływie tego terminu także zaleca się zwilżać pustaki wodą 3 razy na dobę, aż do czasu ułożenia ich w sztable. Zwilżanie należy wykonywać tak, aby na pustakach nie pozostało białych plam; przy zwilżaniu szczególną uwagę należy zwracać na kąty i części występujące. Przy ułożeniu pustaków w sztable należy zostawiać dostateczne przestrzenie dla swobodnej cyrkulacji powietrza, aby pustaki wysychały równomiernie i nabyły jednokolorowego zabarwienia. W celu przedłużenia terminu tężenia cementu dodają do mieszanki 0,5 cz. wapna i w tedy zamiast 3 biorą 4 cz. piasku Dla zmniejszenia kosztów wyrobu pustaków stosują na 1 cz. cementu,—1 cz. wapna, do 6 cz. piasku i do 10 cz. żwiru.

Układanie pustaków do muru wykonywa się na zaprawie cementowej 1:3 lub 1:4 rozrobionej mlekiem wapiennym.

Każdy kamień należy ułożyć na zaprawie, uważając na prawidłowe wiązanie i niedopuszczając zalewania spod rzadką zaprawą (nawet pionowych). Przy ciśnieniach oddanych na ściany przez belki i krokwie, ciężarów skupionych od 1650 do 4900 kg. należy urządzać opory pod belki co najmniej z 1 masywnego kamienia betonowego (nie pustaka); przy obciążeniach skupionych większych od 4900 kg., masywne kamienie betonowe pod belką układają się nie mniej niż w 3 rzędy. Otwory na drzwi i okna przekrywają się u dołu i góry belkami z żelbetonu. Przy rozpiętości do 1 m. końce belek, przekrywających otwór winnie mieć podpórę z 1 rzędu masywnych kamieni; przy rozpiętości 1,4—1,5 m.—2 rzędy; przy rozpiętościach większych nad 1,5 m.—co najmniej 3 rzędy.

## 2. Dachówka.

Dachówka z zaprawy cementowej winna być postawiona w jednym z pierwszych miejsc pomiędzy materiałami używanymi do krycia dachów, ponieważ jest mocną i ogniotrwałą, fabrykacja jej jest prosta i tania; wada — ciężka, — 1 m.<sup>2</sup> pokrycia suchą dachówką waży 28—36 kg. (bez wagi wiązań).

Do wyrobu dachówki są potrzebne: czysty piasek; cement portlandzki, woda i ręczna maszyna (dachówczarka); skład mieszaniny 1:3. Po uformowaniu dachówki przy pomocy dachówczarki, stawiają ją razem z podkładką (szablonem) na półkę dla suszenia w zakrytym miejscu, po upływie  $1\frac{1}{2}$ —2 doby wyjmują ostrożnie z podkładek i ustawiają rzędem, na rąb, czopem do góry. W ciągu tygodnia dachówkę należy zwilżać wodą 1—2 razy na dzień i ukrywać od gwałtownych zmian temperatury i wiatru. Po upływie 4—6 tygodni dachówkę można używać do pokrycia dachu; nachylenie dachu od 1:1,5 do 1:3; krokwie drewniane 13 × 16 cm. w odległości 1 m.; przy długości krokwii większej nad 4,25 m., należy postawić wiązanie dwutorczykowe o ile nie można postawić zastrzałów.

Łacenie pod dachówkę wykonywa się z łat czysto kantowanych o przekroju 5 × 5 cm. lub 5 × 7,5 cm. przy odstępach mniej więcej 33—35 cm. jedna od drugiej. Układanie dachówki zaczyna się od dołu (od okapu); po spadku dachu dachówka układa się na sucho, gąsior — na

zaprawie. Żeby zapobiedz szkodliwemu działaniu silnych wiatrów, należy przymocować każdą 8 dachówkę drutem, dla czego przy wyrobieniu dachówki należy przekłóć ją w dwóch miejscach przez otwory w szablonach. Wymiary dachówki zwykle  $445 \times 220$  mm. lub  $400 \times 200$  mm.; grubość nie więcej — 12 mm.; waga suchej — 2 — 2,8 kg., nasyczonej wodą — 30% więcej.

### 3. Dachówka cementowo-azbestowa (terofazeryt, eternit).

Płytki cementowo azbestowe do krycia dachów; niepalne, nie przepuszczają wody, odporne na gazy; wytrzymałość na rozerwanie  $420 \text{ kg./cm.}^2$ , na złamanie  $604 \text{ kg./cm.}^2$ ; ciężkość właściwa —  $2.4 \text{ g./cm.}^3$ ; waga  $1 \text{ m.}^2$  pokrycia (bez oszalowania i wiązania), w zależności od systemu pokrywania 9—13 kg.; przy nasyceniu płytek wodą—9,7—13,8 kg. Wymiary płytek:  $40 \times 40$  cm. i  $30 \times 30$  cm. Płytki układają po oszalowaniu deskami 2,5 cm. do czoła lub po łączeniu. Płytki przymocowują się do szalowania lub do łat gwoździami cynkowanymi o łebkach szerokich. Terofazeryt można używać do licowania ścian wewnętrznych i zewnętrznych i dla zabezpieczenia sufitów od ognia; dla tego wyrabiają płytki o wymiarach  $1,25 \times 1,25$  m.

### 4. Cegła cementowa.

Wyrabia się z port. cementu i piasku, nie wymaga wypalania; stosunek cementu do piasku: dla budynków kilkopiętrowych 1:8, dla budynków parterowych 1:10.

Wyrabiają także cegłę cementowo-wapienną, skład mieszaniny: 1 cz. cem., 1,25 wapna gaszon. i 16 cz. piasku. Cegłę cementową używa się do budowy po upływie 6 tygodni od dnia wyrobienia; w ciągu pierwszego tygodnia należy zwilżać wodą. Cegłę cementowo-wapienną należy wytrzymać 2—3 miesiące, wodą nie zwilżać.

### 5. Płyty do chodników.

Płyty betonowe do chodników mają obecnie prawie powszechne uznanie. Zwykle wymiary  $50 \times 50$  cm., grubość 6—7 cm. Dla wyrobienia płyt służy żelazna rama, rozjemna, układana na drewnianej desce. Formę tę wypełniają zaprawą cementową 1:5, a górną warstwę (gru-

bości koło 2 cm.) zaprawą 1:2, następnie ułożoną tak masę ubijają ubijakami (waga koło 4,5 kg.). Po wyrobieniu płyty formę rozbierają, a płytę pozostawiają na miejscu, na desce; po upływie 1 doby zabierają do szopy, wytrzymują 2 — 3 tyg. ciągle zwilżając wodą. Po 3-ch tygodniach można używać płytę do roboty. Układanie płyt wykonywa się na zaprawie cementowej, po posadzce z chudego betonu, grubości koło 4 — 6 cm. lub wprost na warstwie piasku 13—16 cm. grubej.

## Rozdział II.

### A. STATYKA BUDOWLANA.

#### a. Porządek przeprowadzenia obliczeń statycznych.

Przy obliczaniu poszczególnych części budynku, zaczynają od obliczenia dachu, następnie obliczają stropy, kolumny, ściany (w szczególnych wypadkach obciążenia), łęki, sklepienia, oraz określają wymiary połączeń metalowych, w końcu oblicza się posadowienie fundamentu, w zależności od jakości przedtem zbadanego gruntu, rodzaju fundamentów i wielkości obciążenia.

Przy budowie mostów obliczenia należy zaczynać od obliczeń jezdni, następnie kolejno określać wymiary poręczy, pokładów chodnikowych, podłużnych i poprzecznych belek podtorowych; po otrzymaniu tych danych następuje obliczenie i badanie dźwigarów i fundamentów.

Przy obliczeniach każdej poszczególniej części budynku należy dokładnie uwydatnić:

1. Siły zewnętrzne t. j. obciążenie budynku, składające się z wagi własnej oraz obciążenia użytkowego (przejściowego), a także obciążenia zależnego od pogody — wiatr, opady.

2. Siły wewnętrzne (wytrzymałość, natężenia) określają się analitycznie lub graficznie oraz rodzaj działania ich (rozciąganie, ściskanie, gięcie, wyboczenie i t. d.) W niektórych wypadkach należy wykreślić krzywą ciśnień i sprawdzić pewność.

3. Wymiary (przekrój poprzeczny) poszczególnych części budynku.

4. Sposób połączenia poszczególnych części, wymiary i urządzenie połączeń (ściągacze żelazne, jęty, śruby, nity i t. d.).

Jako ogólny dodatek do obliczeń dołącza się: ogólny i szczegółowe rysunki, wykazy: ilości i wagi potrzebnych materiałów, robocizny i kosztorys.

## b. Obciążenia przyjęte do obliczeń statycznych.

Dane Min. R. Publ. w Niemczech.

### 1. Stropy.

#### Waga własna.

| Stropy drewniane                                                                             | kg./m. <sup>2</sup> | Stropy zasklepione na belkach żelaznych                                                                                                                                        | kg./m. <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Odległość pomiędzy osiami belek 1 m., grubość belek 24—26 cm.                                |                     | Strzałka sklepienia = $\frac{1}{8}$ . Zapelnienie pochwin piaskiem lub popiołem kokosowym do wysokości zwornika. Legary 10 × 10 cm. w odległości 0,8 m. podłoga 3,5 cm. gruba. |                     |
| 1. Rząd belek i pulap z polepą glinianą 10 cm. gr                                            | 230                 |                                                                                                                                                                                |                     |
| 2. Rząd belek z podłogą drewnianą; deski 3,5 cm. grube. . . . .                              | 70                  | Uwaga: w niżej podanej wadze stropów, waga belek żelaznych nie jest włączoną.                                                                                                  |                     |
| 3. Rząd belek z pulapem 3 cm. grub. i polepą 10 cm.                                          | 210                 | Zapelnienie przestrzeni pomiędzy belkami, po nad sklepieniem powiększa podaną niżej wagę 0. . . .                                                                              | 140                 |
| 4. Rząd belek z pulapem i polepą 11 cm. grubą oraz podłogą z desek 3,5 cm. grubych . . . . . | 270                 | 1. Sklepienie z cegły, $\frac{1}{2}$ cegły grube, rozpięt. do 2 m.                                                                                                             | 370                 |
| 5. Jak p. 4, lecz podłoga z gliny lub gipsu 5 — 7 cm. gruba . . . . .                        | 310                 | 2. Jak p. 1 lecz z cegły dziurowanej.                                                                                                                                          | 310                 |
|                                                                                              |                     | 3. Sklepienie z cegły, $\frac{1}{2}$ cegły grube, rozpięt. 2—3 m.                                                                                                              | 440                 |

| Stropy drewniane                                                                         | kg./m. <sup>2</sup> | Stropy zasklepięone<br>na belkach żelaznych                                                             | kg./m. <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 6. Jak p. 4, lecz z otynkowaniem po oszalowaniu deskami 2 cm. grub. i trzcinie . . . . . | 300                 | 4. Jak p. 3 lecz z cegły dziurowanej.                                                                   | 380                 |
| 7. Jak p. 6, lecz podłoga nie drewniana a z gipsu lub gliny, 5 — 7 cm. gruba . . . . .   | 340                 | 5. Sklepienie betonowe rozpięt. do 1,5 m. . . . .                                                       | 370                 |
| 8. Rząd belek z pułapem i polepą pełną, podłoga z desek 3,5 cm. grubych . . . . .        | 360                 | 6. Sklepienie z blachy falistej i płyt sklep. przykrytych warstwą betonu 13 cm. grubą . . . . .         | 250                 |
|                                                                                          |                     | 7. Francuskie stropy żelazne przy polepie z gipsu (15—30 kg. żelaza, 25 kg. drzewa i 220 kg. gipsu) . . | 275                 |

## 2. Obciążenia użytkowe (przejsściowe).

| O B C I A Ź E N I E                                                                                                                    | kg./m. <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1. Obciążenie użytkowe dla domów mieszkaln., niewielkich zakładów biurowych wyłączając obciążenie od książ, dokumentów i t. p. . . . . | 250                 |
| 2. Dla dużych gmachów przemysłowych . . .                                                                                              | 400                 |
| 3. Sal publicznych . . . . .                                                                                                           | 400                 |
| 4. Dla pokładów na przejazdach lub dworach, (znaczące ciężary skupione wyłączają się) .                                                | 800                 |
| 5. Dla zwykłych poddaszy . . . . .                                                                                                     | 150                 |
| 6. W pokojach szkolnych . . . . .                                                                                                      | 300                 |
| 7. Dla koszar i fabryk . . . . .                                                                                                       | 300                 |
| 8. Dla schodów . . . . . od 400 do                                                                                                     | 500                 |
| 9. Od tłumy ludzi . . . . .                                                                                                            | 400                 |

## 3. TABELA № 53.

Waga własna i obciążenie ogólne (waga własna + obciąż. użytkowe).

| WYSZCZEGÓLNIENIE                                                                            | Waga<br>własna<br>kg./m. <sup>2</sup> | Obciążenie<br>ogólne<br>kg./m. <sup>2</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Strop w pomieszczeniach mieszkalnych . . . . .                                           | 250                                   | 500                                         |
| 2. Strop w gmachach fabrycznych . . . . .                                                   | 250                                   | 750                                         |
| 3. Strop w składnicach zbożowych od<br>do                                                   |                                       | 850<br>1000                                 |
| 4. Strop sklepieniasty z cegły dziurowanej, 1/2 cegły gruby, w budynkach mieszkaln. . . . . | 350                                   | 600                                         |
| 5. Jak p. 4, lecz z cegły zwykłej . . . . .                                                 | 380                                   | 650                                         |
| 6. Jak p. 4, lecz w budynkach fabryczn. . . . .                                             | 380                                   | 1000                                        |
| 7. Jak p. 4, lecz 1 cegła gruby, pod przejazdami i dworami przejazdowymi . . . . .          | 570                                   | 1350                                        |
| 8. Schody na sklepieniach . . . . .                                                         | 500                                   | 1000                                        |
| 9. Schody drewniane . . . . .                                                               | 100                                   | 600                                         |
| 10. Dachy — rzut poziomy dachu, łącznie z ciśnieniem wiatru i śniegu:                       |                                       | Obciążenie<br>ogólne                        |
| a. pokrycie — blacha lub szkło, nachylenie 10 — 25° . . . . .                               |                                       | od 125<br>do 150                            |
| b. pokrycie — łupkiem, nachylenie 25 — 45° . . . . .                                        |                                       | od 200<br>do 240                            |
| c. pokrycie dachówką, nachylenie 30 — 45° . . . . .                                         |                                       | od 250<br>do 300                            |
| d. pokrycie warstwcem, nachylenie 1:18 . . . . .                                            |                                       | 300                                         |
| e. Dachy mansardowe pokryte łupkiem lub dachówką, nachylenie 45 — 70° . . . . .             |                                       | od 400<br>do 700                            |

**Uwaga:** Dla dachów poziomych (płaskich), lub nachylnych nieznacznie (1:20), przystosowanych dla spacerów, gier i t. d. obciążenie przejściowe (użytkowe) wynosi 250 kg./m.<sup>2</sup>.



#### 4. Obciążenia kg./m.<sup>2</sup> przyjęte przez koło architektów warszawskich.

Przegląd techniczny 1905 r. № 25.

|    |                                                 |     |
|----|-------------------------------------------------|-----|
| a. | Obciążenie użytkowe poddaszy domów mieszkalnych | 150 |
| b. | Obciążenie użytkowe w mieszkaniach              | 200 |
| c. | " " w salach zebrzań                            | 400 |
| d. | " " w fabrykach, sklepach                       | 500 |
| e. | " " w przejazdach i podwórzach                  | 750 |
| f. | " " schodów licząc w rzucie poziom.             | 500 |

#### 5. Własny ciężar stropów.

Koło architektów warszawskich.

|    |                                                                                                                                                                           |                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| a. | Strop drewniany, składający się z belkowania i podłogi                                                                                                                    | 80 kg./m.               |
| b. | Strop drewniany, składający się z belek, pułapu, podsufitki, polepy, wyprawy, ślepej podłogi i posadzki                                                                   | 250 kg./m. <sup>2</sup> |
| c. | Strop sklepiony płasko na 1/2 cegły na belkach żelaznych, z cegły zwyczajnej z wkładkami żelaznymi wraz z polepą z lekkiego materiału, legarami, ślepą podłogą i posadzką | 350 kg./m. <sup>2</sup> |
| d. | Takiż strop z zabetowaniem i posadzką kamienną                                                                                                                            | 450 kg./m. <sup>2</sup> |
| e. | Strop sklepiony płasko, na 1/2 cegły, na belkach żelaznych, z cegły trocinowej lub dętej, wraz polepą z lekkiego materiału, legarami, ślepą podłogą i posadzką            | 300 kg./m. <sup>2</sup> |
| f. | Takiż strop z zabetowaniem i posadzką kamienną                                                                                                                            | 400 kg./m. <sup>2</sup> |
| g. | Schody kamienne lub sklepione                                                                                                                                             | 500 kg./m. <sup>2</sup> |

#### 6. D a c h y.

a. Waga własna dachu na 1 m.<sup>2</sup> powierzchni pochyłej dachu, łącznie z wiązaniem dachowym, łączeniem, pokryciem; odległość pomiędzy krokiewiami 1 m.;

poprzeczne wymiary krokwi  $13 \times 16$  cm., wymiary łąt  $4 \times 6$  cm.

| D A C H                                                                                                                                       | kg./m. <sup>2</sup> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| a. Jedno spadkowy kryty dachówką zwykłą .                                                                                                     | 90                  |
| b. Dwuspadkowy kryty dachówką zwykłą .                                                                                                        | 120                 |
| c. Dach wierzowy kryty dachówką zwykłą .                                                                                                      | 130                 |
| d. Jak w p. a lecz łączenie po oszalowaniu z desek 2 cm. grubych .                                                                            | 85                  |
| e. Dach kryty blachą, oszalowanie deski 2,5 cm.                                                                                               | 40                  |
| f. Dach kryty blachą falistą $150 \times 40 \times 1,5$ mm. po kątowniku (krokwie w odległości 2 m., kątownik od kątownika 2 m.) .            | 25                  |
| g. Dach kryty papą po oszalowaniu deskami grubości 2,5 cm. .                                                                                  | 35                  |
| h. Pokrycie warstwowcem łącznie z oszalowaniem (pokładem) grubości 3,5 cm., krokwie $13 \times 18$ cm. .                                      | 180                 |
| i. Pokrycie szklane po łączeniu z szczebli żelaznych, łącznie z wagą szczebli, grubość szkła 4 mm. odległość pomiędzy szczeblinowikami 0,45 . | 20                  |
| h. Jak wyżej przy grubości szkła 5 mm. .                                                                                                      | 25                  |
| k. Jak wyżej szkło grubości 6 mm., odległość pomiędzy szczeblinowikami 0,55 m. .                                                              | 30                  |

Waga wiązań dachowych przyjmuje się na 1 m.<sup>2</sup> w rzucie poziomym dachu, dla dachów żelaznych 20—30 kg., przy ogólnej wadze dachu 35—45 kg./m.<sup>2</sup>, czyli około 60% ogólnej wagi dachu.

## b) Obciążenie dachów.

$\alpha$  Ciśnienie śniegu. Przy obliczeniach wiązań dachowych, ciężar śniegu  $p$  przyjmuje się = 75—100 kg/m.<sup>2</sup> w rzucie poziomym dachu; przy kącie nachylenia dachu do poziomu  $\alpha$ ,  $p_1 = p \cos \alpha$ ; przy nachyleniu dachu większem

od  $40^\circ$ , należy brać w rachubę tylko połowę obciążenia wagi śniegu, a przy  $\alpha > 50^\circ$  waga śniegu nie uwzględnia się zupełnie.

Waga 1 m<sup>3</sup> śniegu: suchego i czystego 120 kg.  
 udeptanego . . . 460 kg.  
 bardzo mokrego . . 790 kg.  
 brudnego mokrego  
 oraz udeptanego . 1310 kg.

**β Parcie wiatru.** Przy zwykłych warunkach parcie wiatru  $p = 125 \text{ kg./m}^2$ , dla budynków ustawionych w odkrytym miejscu (naprz. kominów fabrycznych)  $p = 250 \text{ kg./m}^2$ , na płaszczyznę prostopadłą do kierunku działania wiatru; kierunek zaś wiatru przyjmuje się jako poziomy.

Następująca tablica podaje parcie wiatru  $p_1$  w kg./m<sup>2</sup> skierowane prostopadłe do powierzchni dachu nachylonej pod kątem  $\alpha$  do poziomu; obliczenie przeprowadzono według wzoru:

$$p_1 = p \cdot \text{Sn } \alpha. \text{ dla } p = 125 \text{ i } 250 \text{ kg./m}^2.$$

| Nachylenie dachu              | 1 : 1 | 1 : 1,5 | 1 : 2   | 1 : 2,5 | 1 : 3   | 1 : 3,5 | 1 : 4   | 1 : 4,5 | 1 : 5   |
|-------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kąt nachylenia dachu $\alpha$ | 45°   | 33° 41' | 26° 34' | 21° 48' | 18° 26' | 15° 37' | 14° 21' | 12° 31' | 11° 19' |
| $p = 125 \text{ kg./m}^2$     |       |         |         |         |         |         |         |         |         |
| $p_1 =$ . . .                 | 88    | 69      | 56      | 46      | 40      | 34      | 30      | 27      | 25      |
| $p = 250 \text{ kg./m}^2$     |       |         |         |         |         |         |         |         |         |
| $p_1 =$ . . .                 | 177   | 139     | 112     | 93      | 79      | 69      | 61      | 54      | 49      |

Dla dachów od 1:1½ do 1:4 dostatecznie przyjmować ogólne obciążenie od wiatru i śniegu = 100 – 125 kg./m<sup>2</sup> w rzucie poziomym dachu. Przy przypuszczeniu że kierunek wiatru tworzy z poziomem kąt = 10°, siła parcia wiatru, działająca w kierunku prosto padłym do powierzchni pokrycia nachylonego pod kątem  $\alpha$  do poziomu określi się według wzoru:  $p_1 = p \text{ sn } (\alpha + 10^\circ) \text{ kg./m}^2$ . Siła ciśnienia działająca w kierunku pionowym będzie:  $P = p \cdot \frac{\text{Sn } (\alpha + 10^\circ)}{\text{Cos } \alpha}$  kg./m<sup>2</sup> w rzucie poziomym dachu.

Przy obliczeniu dachów u szop bez ścian, na słupach, należy uwzględnić parcie wiatru z zewnątrz = 60 kg./m.<sup>2</sup> powierzchni dachu.

Przy obliczeniu dachów należy także uwzględnić że pośrodku poszczególnych części dachu, a mianowicie: krokwi, łąt i t. d. działa dodatkowe skupione obciążenie = 100 kg., jest to ciężar robotnika remontującego dach.

### C. Obciążenie mostów kołowych żelaznych.

l — rozpiętość teoretyczna w m.

g — waga żelaza kg./m.<sup>2</sup>

1. Mosty żelazne z podwójnym pokładem z belek kantowanych (zamiejskie): ogólna waga wiązań głównych i poprzecznych na 1 m.<sup>2</sup> mostu

$$g = 105 + 2,31 + 0,02 l^2 \text{ kg./m.}^2,$$

waga pokładu z belek kantowanych wynosi 110 kg./m.<sup>2</sup>. Przy obecności chodników krytych deskami, występujących poza granicę głównych wiązań, waga żelaza na 1 m.<sup>2</sup> tych chodników (łącznie z wagą wzmocnienia, niezbędnego w tym wypadku, głównych dźwigarów, lecz bez wagi poręczy) będzie:

$$g_1 = 60 + 2,31 \text{ kg./m.}^2$$

2. Takież mosty, lecz miejskie.

$$g = 155 + 2,71 + 0,021 l^2 \text{ kg./m.}^2$$

$$g_1 = 80 + 2,71 \text{ kg./m.}^2; \text{ waga pokładu — } 140 \text{ kg./m.}^2$$

3. Mosty zjezdnią z szabru (szosa) zamiejskie. Waga żelaza, wyłączając żelazo Zore

$$g = 125 + 2,81 + 0,025 l^2 \text{ kg./m.}^2,$$

na żelazo Zore należy dodawać 65 kg./m.<sup>2</sup>, na szaber zaś — 400 kg./m.<sup>2</sup>;  $g_1 = 60 + 2,31 \text{ kg./m.}^2$

## 4. Mosty miejskie, jezdnia szosa:

$$g = 170 + 3,2 l + 0,028 l^2 \text{ kg./m.}^2$$

$$g_1 = 80 + 2,7 l \text{ kg./m.}^2$$

waga szabru — 480 kg./m.<sup>2</sup>; żelaza Zore — 80 kg./m.<sup>2</sup>

## 5. Mosty miejskie, jezdnia brukowana,

$$g = 180 + 3,7 l + 0,029 l^2 \text{ kg./m.}^2$$

$$g_1 = 80 + 2,7 l \text{ kg./m.}^2$$

waga bruku 700 kg./m.<sup>2</sup>; waga żalaza Zore — 80 kg./m.<sup>2</sup>

## 6. Mosty na dźwigarach żelaznych łukowych.

Waga dźwigarów (łącznie z wagą wiązań poprzecznych i wiatrowych) na 1 m. bieżący rozpiętości teoretycznej wynosi, przy przęsłach dwuprzegubowych,  $g = \gamma \cdot b + 35z$  kg., gdzie  $b$  — szerokość mostu w m.,  $z$  — ilość dźwigarów głównych  $\gamma$  — wartość w następującej tabeli:

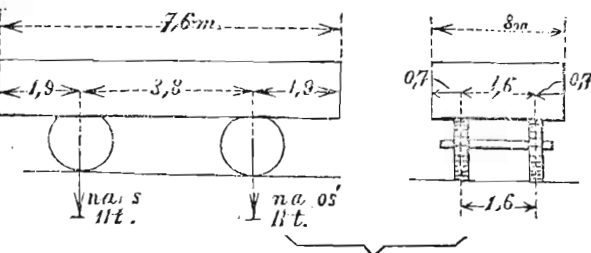
| Rozpiętość teoretyczna<br>$l = \text{m.}$                      | 10 | 20 | 30 | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
|----------------------------------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Jezdnia — szosa $\gamma =$                                     | 32 | 62 | 94 | 129 | 168 | 209 | 255 | 300 | 350 | 410 |
| Jezdnia z podwójn. pokładzie<br>z belek kantowanych $\gamma =$ | 28 | 53 | 80 | 110 | 144 | 180 | 220 | 260 | 305 | 355 |

Dla przęseł trójpzregubowych powyższe dane mogą być zmniejszone o 10%.

## d. Obciążenie ruchome mostów kołowych.

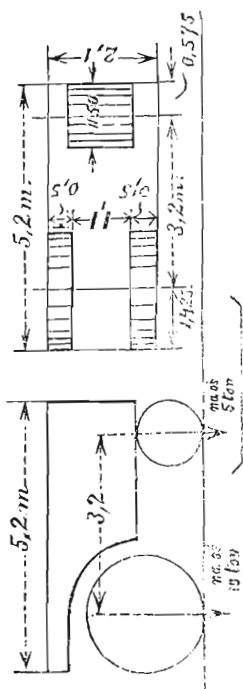
Obciążenie ruchome zwykle składa się z pojazdu fur lub tłumu ludzi. Fury dzielą się na 4 następujące grupy.

Typ I — rys. 71 — fura wagi 22 tony.



Rys. 71.

Typ II — rys. 72 — walec parowy wagi 15 ton.



Rys. 72.



obliczeniu mostów dla dróg z ruchem ciężarowym silnie rozwiniętym obciążają most furą typ I (22 tony) lub pojazdem tych fur, niezaprzężonych (bez przerw), a w wolnych od fur miejscach tłumem ludzi = 440 kg./m.<sup>2</sup>; jeżeli przez most mają być przeprowadzone tory tramwajowe, to most obciąża się przez dwa pojazdy, niezaprzężonych fur typ I, ustawionych bez przerw, w dwa rzędy, wolne od pojazdów miejsca na jezdni i chodniki zapełniają tłumem ludzi — 440 kg./m.<sup>2</sup>

Dla mostów przeznaczonych dla fur średniej wagi: obciążają most przez niezaprzężoną furę typ III (10 ton) zapełniając resztę przestrzeni przez tłum ludzi lub ustawiają po bokach pierwszej fury, fury 5 tonowe; w taki sposób dokonane obliczenie należy sprawdzić przez obciążenie mostu przez walec parowy 15 tonowy (typ. II.)

Dla mostów przeznaczonych dla ruchu fur lekkich: obciążają most przez furę typ. IV (5 ton) oraz przez tłum ludzi.

Otrzymane obciążenia ruchome należy pomnożyć przez współczynnik  $\lambda$  określający działanie dynamiczne

obciążenia =  $1 + \frac{10}{20 + l}$  (dla mostów kołowych); dla parcia wiatru i obciążeń nie wywołujących wstrząszeń  $\lambda = 1$ .

W budynkach, — dla sal publicznych, koszar, fabryk  $\lambda = 1,5$ .

### e. Wytrzymałość materiałów.

#### 1. Natężenia dopuszczalne materiałów budowlanych na 1 cm.<sup>2</sup> (Kolo arch. Warszawskich).

|                                                 |                           |
|-------------------------------------------------|---------------------------|
| Żelazo zlewne na rozciąganie, wyginanie i ścis- |                           |
| skanie                                          | 1200 kg./cm. <sup>2</sup> |
| Żelazo zlewne na ścinanie                       | 900 kg./cm. <sup>2</sup>  |
| Drut żelazny na rozciąganie                     | 1200 kg./cm. <sup>2</sup> |
| Żelazo lane na rozciąganie                      | 250 kg./cm. <sup>2</sup>  |
| „ „ na ściskanie (do 1000 kg.)                  | 500 kg./cm. <sup>2</sup>  |
| „ „ na ścinanie                                 | 200 kg./cm. <sup>2</sup>  |

Uwaga: natężenia dopuszczalne dla żelaza spawalnego przyjmuje się o 15% mniejsze, aniżeli dla żelaza zlewego.



## 2. Obciążenia $\text{kg./cm.}^2$ dopuszczalne w fundamentach i murach:

Fundamenty winny być głębiej zakładane niż sięga zamarzanie ziemi; w naszym klimacie 1,5 — 2 m. Grunt pod fundament bywa różny; w wielu wypadkach bez sztucznego rusztowania lub pali obejść się nie można i dla tego winno przeprowadzać się badanie gruntu; jednak w zwykłych warunkach przyjmąć można:

Grunt gorszy — glina wilgotna z piaskiem — do  $1,5 \text{ kg./cm.}^2$   
 „ dobry — glina sucha, piasek, żwir — do  $2,5 \text{ kg./cm.}^2$   
 „ wyjątkowo bardzo dobry — piasek grubo-  
 by, glina i t. p. bez wilgoci . . . . .  $5 \text{ kg./cm.}^2$  i >

Dobry mur z cegły zwykłej na zaprawie wapiennej . . . . .  $5-6 \text{ kg./cm.}^2$   
 „ mur z cegły wyborowej na zaprawie półcementowej . . . . .  $7-10 \text{ kg./cm.}^2$

Mur dobry z cegły prasowanej na zaprawie cementowej . . . . .  $11-15 \text{ kg./cm.}^2$   
 Piaskowiec zależnie od twardości . . . . .  $15-30 \text{ kg./cm.}^2$   
 Granit w monolitach na ściskanie . . . . .  $60 \text{ kg./cm.}^2$

Beton na zaprawie cementowej z kamieni rodzimych . . . . .  $20-40 \text{ kg./cm.}^2$

Zwykle przy — granitach, kamieniach i t. p. przyjmuje się obciążenie nie przekraczające  $\frac{1}{10}$  obciążenia zgniatającego.

## 3. Natężenia dozwolone, granice sprężystości, wytrzymałość nietrwała i współczynniki sprężystości.

**Uwagi:** Tabela poniższa № 54 zestawiona w  $\text{kg./mm.}^2$  według Cl. de Laharpe — Notes et formules de l'ingénieur; przez pomnożenie cyfr tabeli przez 100 — otrzyma się  $\text{kg./cm.}^2$ ; znaki:  $\parallel$  — znaczy wzdłuż włókien;  $\perp$  — poprzek włókien; zapas wytrzymałości:  $K : k$ ;  $K_1 : k_1$ ,  $\tau_1 : \tau$ , przyjęty w tabeli № 54 od 5 do 10, w zależności od rodzaju obciążenia może być zmniejszony, lecz nie mniej jak do 3

TABELA № 54

| MATERJAŁY                      | Natężenie dozwolone<br>kg./mm. <sup>2</sup> |                             |                                    | Granice sprężystości<br>kg./mm. <sup>2</sup> |                  |                                    | Wyrównalność nie-<br>trwała<br>kg./mm. <sup>2</sup> |                             |                                    | Średniynałk<br>sprężystości<br>kg./mm. <sup>2</sup> |                       | Zmiana długości<br>proporcjonalna<br>grubość spręż. |           |
|--------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
|                                | K                                           | Ściskanie<br>K <sub>1</sub> | Przecina-<br>nie<br>τ <sub>1</sub> | K'                                           | Ściskanie<br>K'' | Przecina-<br>nie<br>τ <sub>2</sub> | K                                                   | Ściskanie<br>K <sub>1</sub> | Przecina-<br>nie<br>τ <sub>3</sub> | Koźciaga-<br>nie<br>E                               | Przecina-<br>nie<br>G | Koźciaga-<br>nie                                    | Ściskanie |
| Żelazo . . .                   | 7                                           | 7                           | 6                                  | 14                                           | 14               | 10,5                               | 40                                                  | 35                          | 35                                 | 20000                                               | 7500                  | 0,0007                                              | 0,0007    |
| Blacha żelazna                 | 7                                           | 7                           | 6                                  | 14                                           | 14               | 10,5                               | 35                                                  | 30                          | —                                  | 17500                                               | 6560                  | 0,0008                                              | 0,0008    |
| Drut żelazny .                 | 1,2                                         | —                           | —                                  | 22                                           | —                | —                                  | 65                                                  | —                           | —                                  | 20000                                               | 7500                  | 0,0012                                              | —         |
| Żelazo lane. .                 | 2,5                                         | 7                           | 2                                  | 7,5                                          | 15               | 5,6                                | 12,5                                                | 75                          | 20                                 | 10000                                               | 3750                  | 0,00075                                             | 0,0015    |
| Stal . . . .                   | 1,5                                         | —                           | 10                                 | 27                                           | —                | 20                                 | 75                                                  | —                           | 50                                 | 21500                                               | 8600                  | 0,0012                                              | —         |
| Drut stalowy .                 | 19,2                                        | —                           | —                                  | —                                            | —                | —                                  | 115                                                 | —                           | —                                  | 28000                                               | —                     | —                                                   | —         |
| Miedź . . . .                  | 6,6                                         | 6,6                         | 5                                  | 14                                           | 14               | 10,5                               | —                                                   | —                           | —                                  | 10700                                               | 4012                  | 0,0013                                              | 0,0013    |
| Miedź palona .                 | 2,5                                         | 2,6                         | 0,5                                | 3                                            | 2,75             | 2                                  | 21                                                  | 41                          | —                                  | 10700                                               | 4012                  | 0,00027                                             | 0,00025   |
| Drut miedziany                 | 6,6                                         | —                           | —                                  | 12                                           | —                | —                                  | 42                                                  | —                           | —                                  | 10000                                               | —                     | 0,001                                               | —         |
| Mosiądz . . .                  | 2,5                                         | —                           | 1,9                                | 4,85                                         | —                | 3,46                               | 12,4                                                | 7,3                         | —                                  | 6400                                                | 2400                  | 0,00076                                             | —         |
| Drut mosiężny                  | 6,6                                         | —                           | 5,0                                | 13,3                                         | —                | —                                  | 36,5                                                | —                           | —                                  | 9870                                                | —                     | 0,00135                                             | —         |
| Bronz (8 mie-<br>dzi + 1 cyn.) | 2,0                                         | —                           | 1,5                                | 3                                            | —                | 3,25                               | 25,6                                                | —                           | —                                  | 6000                                                | 2587                  | 0,00063                                             | —         |

| MATERIAŁY               | Nacężenie dozwolone<br>$\text{kg./cm.}^2$ |                    |                                  | Granica sprężystości<br>$\text{kg./cm.}^2$ |                    |                                  | Wytrzymałość nie-<br>trwała<br>$\text{kg./cm.}^2$ |                    |                                  | Spółczynnik<br>sprężystości<br>$\text{kg./cm.}^2$ |                         | Zmiana długości<br>proporcjonalna<br>granicy spręż. |           |
|-------------------------|-------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
|                         | Rozciąganie<br>$k$                        | Ściskanie<br>$k_1$ | Przecina-<br>nie<br>$\epsilon_1$ | Rozciąganie<br>$k_1$                       | Ściskanie<br>$k''$ | Przecina-<br>nie<br>$\epsilon_2$ | Rozciąganie<br>$K$                                | Ściskanie<br>$K_1$ | Przecina-<br>nie<br>$\epsilon_3$ | Rozciąganie i ścis-<br>kanie<br>$E$               | Przecina-<br>nie<br>$G$ | Rozciąganie                                         | Ściskanie |
| Cynk zlewny . . . . .   | —                                         | —                  | —                                | 2,3                                        | —                  | —                                | 5,26                                              | —                  | —                                | 9500                                              | 3562                    | 0,00024                                             | —         |
| Ołów . . . . .          | —                                         | —                  | —                                | 1,05                                       | —                  | —                                | 1,3                                               | 5                  | —                                | 500                                               | 187,5                   | 0,0021                                              | —         |
| Drut ołowiany . . . . . | —                                         | —                  | —                                | 0,47                                       | —                  | —                                | 2,2                                               | —                  | —                                | 700                                               | 262,5                   | 0,00067                                             | —         |
| Cyna . . . . .          | —                                         | —                  | —                                | —                                          | —                  | —                                | 3,5                                               | —                  | —                                | 4000                                              | 1500                    | —                                                   | —         |
| Aluminium . . . . .     | —                                         | —                  | —                                | —                                          | —                  | —                                | 20,3                                              | —                  | —                                | 6750                                              | 2531                    | —                                                   | —         |
| Jesion — II . . . . .   | 1,2                                       | 0,66               | —                                | 2,56                                       | 2                  | —                                | 12                                                | 6,6                | —                                | 585                                               | —                       | 0,0026                                              | —         |
| — I . . . . .           | —                                         | 0,36               | —                                | —                                          | —                  | —                                | —                                                 | 3,5                | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |
| Dąb — II . . . . .      | 1,1                                       | 0,66               | 0,07                             | 2,7                                        | 2                  | —                                | 11                                                | 6,6                | 0,79                             | 1170                                              | 80                      | 0,00233                                             | —         |
| — I . . . . .           | —                                         | 0,36               | —                                | —                                          | —                  | —                                | 0,5                                               | 3,5                | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |
| Sosna — II . . . . .    | 0,7                                       | 0,44               | 0,04                             | 2,56                                       | —                  | —                                | 11,3                                              | 4,5                | 0,42                             | 1200                                              | 70                      | 0,00213                                             | —         |
| — I . . . . .           | —                                         | 0,22               | —                                | —                                          | —                  | —                                | 0,48                                              | 2,2                | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |
| Szkło . . . . .         | 0,25                                      | —                  | —                                | —                                          | —                  | —                                | 2,48                                              | —                  | —                                | 7000                                              | —                       | —                                                   | —         |
| Kamień łam. . . . .     | —                                         | 0,3                | —                                | —                                          | —                  | —                                | —                                                 | 3                  | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |
| Bazalt. . . . .         | —                                         | 1,2                | —                                | —                                          | —                  | —                                | —                                                 | 12                 | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |
| Gnejs i granit. . . . . | —                                         | 0,6                | —                                | —                                          | —                  | —                                | —                                                 | 6                  | —                                | —                                                 | —                       | —                                                   | —         |

## 4. Cement, beton, kamień.

Wielkość sprężystego odkształcenia kamieni i zaprawy, zależy od wielkości natężenia materiału; według doświadczeń Bach'a i Schuele'a, posługując się wzorem  $\delta = \frac{1}{E} \cdot \sigma \cdot m$ , gdzie  $\delta$  — stosunkowe wydłużenie (skrócenie),  $\sigma$  — natężenie,  $E$  — współczynnik sprężystości,  $m$  — wielkość doświadczalna, otrzymujemy:

| Dla                              | E<br>kg/cm. <sup>2</sup> | m    | Dla betonu<br>(ściskanie) | E<br>kg/cm. <sup>2</sup> | m    |
|----------------------------------|--------------------------|------|---------------------------|--------------------------|------|
| Granitu rozciąganie              | 240000                   | 1,40 | 1 cem. : 2½ p. : 5 żw.    | 298000                   | 1,14 |
| Granitu ściskanie                | 300000                   | 1,12 | 1 „ : 3 „ : 6 „           | 280000                   | 1,14 |
| Cementu czyst. (ścisk.)          | 250000                   | 1,09 | 1 „ : 5 „ : 10 „          | 217000                   | 1,16 |
| Zaprawy cem. 1 : 1½<br>(ścisk.)  | 350000                   | 1,11 | 1 „ : 2 „ : 5 szab.       | 457000                   | 1,16 |
| Zaprawy cem. 1 : 3<br>(ścisk.)   | 315000                   | 1,15 | 1 „ : 3 „ : 6 „           | 380000                   | 1,16 |
| Zaprawy cem. 1 : 4 ½<br>(ścisk.) | 230000                   | 1,17 | 1 „ : 5 „ : 10 „          | 367000                   | 1,21 |

Przy obliczeniu ustrojów żelbetonowych przyjmują zwykle  $m = 1$ , a stosunek współczynników sprężystości żelaza i betonu,  $E_z : E_b = n = 15$ .

Współczynnik sprężystości betonu przy rozciąganiu  $E'_b$  jest mniejszy niż  $E_b$  — przy ściskaniu; na podstawie doświadczeń  $E'_b = 0,88$  do  $0,73 E_b$  (przy  $\sigma = 3-6$  kg./cm.<sup>2</sup>). Współczynnik sprężystości dla betonu przy przecinaniu  $G_b = 80000$  do  $90000$  kg./cm.<sup>2</sup>.

**Wytrzymałość nietrwała betonu** (według E. Mörsch'a):

1. Skład betonu 1 : 2,5 : 5 (szaber kamienny), kostki próbne 20×20×20 cm.

| Beton wytrzymały . .                                 | 7 dni | 28 dni | 5 m. | 32 m. | 9 lat |
|------------------------------------------------------|-------|--------|------|-------|-------|
| Wytrzymałość na ściskanie kg./cm. <sup>2</sup> . . . | 202   | 254    | 332  | 520   | 570   |

2

| Skład betonu          | 1 : 3 |      | 1 : 4 |      | 1 : 7 |      |
|-----------------------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Ilość wody . . . .    | 8%    | 14%  | 8%    | 14%  | 8%    | 14%  |
| Wytrż. na ściskanie . | 280   | 195  | 220   | 153  | 127   | 88   |
| „ na rozciąganie      | 12,6  | 10,8 | 9,2   | 8,8  | 4,4   | 5,5  |
| „ na zginanie .       | 21,4  | 23,2 | 16,1  | 16,7 | 13,3  | 12,8 |
| „ na przecinanie      | 36    | 30   | 31    | 28   | 26    | 19   |

3. Przy doświadczeniach przeprowadzonych przez prof. Hanisch'a i inż. Spitzer'a, płyty betonowe z betonu składu 1 : 3 $\frac{1}{2}$ , wytrzymałe 268 dni podali przeciętnie wytrzymałość nietrwałą: przy ściskaniu = 308 kg./cm.<sup>2</sup>; przy rozciąganiu—25 - kg./cm.<sup>2</sup>; przy łamaniu — 48 kg./cm.<sup>2</sup> (obliczono według wzoru  $\sigma = \frac{6 M}{b h^2}$ ).

5. Siła zczepności żelaza i betonu: α) Moersch dokonywał doświadczeń z kostkami 20×20×20 cm. z betonu składu 1 : 4, wytrzymałymi 4 tygodnie, przepychając zanurzone w nie okrągłe pręty żelazne i otrzymał następujące wyniki:

przy 10% wody siła zczepności średnio — 48,8 kg./cm.<sup>2</sup>  
 „ 12,5% „ „ „ „ — 31,2 kg./cm.<sup>2</sup>  
 „ 15% „ „ „ „ — 29,1 kg./cm.<sup>2</sup>

β. Kleinlogel dokonywał doświadczeń na zczepność przy gięciu belek, 2 m. długich, o przekroju 15 × 30 cm., z betonu składu 1 : 4 przy różnej zawartości armatury w %, otrzymana największa zczepność = 38,8 kg./cm.<sup>2</sup>

γ. Wyniki doświadczeń amerykańskich dla prętów żelaznych, okrągłych i prostokątnych (Engineering News — 1904 r.) są następujące:

| Przekrój pręta żelaznego       | Natężenie pręta<br>kg./cm. <sup>2</sup> | Siła zczep-<br>ności<br>kg./cm. <sup>2</sup> |
|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Kwadratowy — 12,5×12,5 mm. . . | 1570                                    | 30,2                                         |
| Okrągły, średnica 12,5 mm. . . | 1780                                    | 35,8                                         |
| Płaski — 25,4×6,5 mm. . . . .  | 1270                                    | 20,5                                         |
| Kwadratowy — 6,5×6,5 mm.. . .  | 2430                                    | 25,8                                         |

największa siła zczepności była osiągnięta przy użyciu pręta okrągłego.

6. Wytrzymałość nietrwała przy ściskaniu materiałów kamiennych kg./cm.<sup>2</sup>: doświadczenia Bach'a, Gary'a i innych dały: bazalty od 1000 do 3200; porfiry od 1000 do 2600; granity od 800 do 2000; wapniaki od 400 do 2000; piaskowce od 250 do 1800; cegła od 100 do 300 kg./cm.<sup>2</sup>

7. Natężenia dozwolone według Pruskich norm budowlanych (przy obciążeniach nieruchomych):

a. Stal i żelazo — kg./cm.<sup>2</sup>

| Materiały             | Rozciąg-<br>k. | Ściska-<br>nie k <sub>1</sub> | Zgina-<br>nie<br>k <sub>g</sub> . | Przeci-<br>nan.<br>τ <sub>1</sub> | Zgina-<br>nie τ <sub>2</sub> |
|-----------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Żelazo od . . . . .   | 900            | 900                           | 900                               | 720                               | 1200                         |
| do . . . . .          | 1000           | 1000                          | 1000                              | 800                               | 1600                         |
| Żelazo zlewne od . .  | 1000           | 1000                          | 1000                              | 800                               | 1500                         |
| do . .                | 1400           | 1400                          | 1400                              | 1000                              | 2000                         |
| Żelazo lane . . . . . | —              | 500                           | 250                               | 200                               | —                            |
| Stal kuta . . . . .   | 1400           | 1400                          | 1400                              | 1120                              | 2000                         |
| Stal zlewna . . . . . | —              | —                             | 1000                              | —                                 | —                            |

**Uwaga:** Dla nit i śrub wytoczonych z żelaza zlewne natężenie dozwolone przy przecinaniu nie wyżej 1000 kg./cm.<sup>2</sup>, przy zgnieceniu — 2000 kg./cm.<sup>2</sup>.

Dla śrub zwykłych z żelaza zlewnego, przy przecinaniu nie wyżej 750 kg./cm.<sup>2</sup>, przy zgnieceniu nie wyżej 1500 kg./cm.<sup>2</sup>. Dla zespórek, na rozciąganie max. 800 kg./cm.<sup>2</sup> (żel. zlewnie), dla podpór z żelaza łanego na ściskanie do 1000 kg./cm.<sup>2</sup>.

β. Drzewo — kg./cm.<sup>2</sup>

| MATERJAŁ                | Rozciąganie<br>kg. | Ściskanie<br>kg. | Zginanie<br>kg. | Przecinanie<br>kg.                                    |
|-------------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
| Dąb . . . .             | 100—120            | 80—100           | 100—120         | <div> <div>    15-20</div> <div>   80-90</div> </div> |
| Sosna (bez sęków) . . . | 100—120            | 60—80            | 100—120         | <div> <div>    10—15</div> <div>   60—70</div> </div> |

Dla budynków o charakterze prowizorycznym i przy dobrej jakości budulca powyższe normy mogą być zwiększone o 50%.

γ. Kamień — ściskanie kg./cm.<sup>2</sup>

| D L A                     | M a t e r j a ł |            |                  |
|---------------------------|-----------------|------------|------------------|
|                           | Granit          | Piaskowiec | Wapniak i marmur |
| Podpór i sklepień . . . . | 45—60           | 25—30      | 20—30            |
| Podpór wysok. i kolumn .  | 25—30           | 15—20      | 12—15            |
| Kamieni podporow. . . .   | 60—90           | 30—50      | 30—14            |

Zwykły mur z cegły na zapr. wapien. (1:3) do 7 kg./cm.<sup>2</sup>

Mur z cegły przepalanej na zaprawie cementowo wapiennej (1:2:6—8) — od . . . . . 12 do 15 kg./cm.<sup>2</sup>

Mur z klinkru na zaprawie cem. (1:3) . . . . . 20 do 30 kg./cm.<sup>2</sup>

Mur z piaskowca na zapr. wap. (1:3) . . . . . do 7 kg./cm.<sup>2</sup>

" " " " cem. wap. (1:2:6—8) 12 do 15 kg./cm.<sup>2</sup>

Mur z kamienia polnego na zapr. wap. . . do 5 kg./cm.<sup>2</sup>  
 Beton ubijany dobrej jakości, dla skle-  
 pień i mostów (1 : 2,5 : 5 lub 1 : 3 : 6) 20 — 35 kg./cm.<sup>2</sup>  
 Marmur — 25 kg./cm.<sup>2</sup>  
 Szkło — 70 kg./cm.<sup>2</sup> (przy gięciu — 40 kg./cm.<sup>2</sup>)

## 8. Wytrzymałość przy przecinaniu.

Do obliczania siły przecinającej korzystamy ze wzoru:  $V = F\tau$ , gdzie  $V$  — siła przecinająca, działająca w płaszczyźnie przekroju poprzecznego i przechodząca przez środek ciężkości przekroju.

$F$  — pole przekroju.

$\tau$  — natężenie dozwolone na przecinanie.

Według Grashoff'a :  $V = F \cdot \tau \cdot c$ , gdzie  $c$  — współczynnik zależny od przekroju, naprz. dla prostokąta  $C = \frac{2}{3}$ , dla koła  $C = \frac{1}{4}$ .

## 9. Wytrzymałość przy zginaniu.

Belka ma płaszczyznę symetryi; wszystkie siły działają w tej płaszczyźnie w kierunku prostopadłym do linii (prostej) łączącej środki ciężkości przekrojów poprzecznych belki:

a. Natężenia normalne:

1. Przy zginaniu, swoją zasadniczą długość zachowują tylko włókna jednej płaszczyzny t. zw. płaszczyzny obojętnej lub powierzchni sprężystej. Włókno warstwy obojętnej, leżące na linii łączącej środki ciężkości wszystkich przekrojów poprzecznych belki, nosi nazwę linii sprężystej lub osi obojętnej. Każdy poszczególny przekrój belki normalny do linii sprężystej przecina się przez powierzchnię sprężystą (płaszczyznę obojętną) po osi obojętnej przekroju (linia zera).

Oś obojętna przekroju jest prosta na której znajduje się środek ciężkości przekroju i która oddziela włókna rozciągnięte od ściśniętych w taki sposób, że natężenie każdego, dowolnie obranego włókna, bądź rozciągniętego, bądź ściśniętego, powiększa się proporcjonalnie do oddalenia tego włókna od osi obojętnej:



Oznaczają przez:

- $P$  — ciężar skupiony  
 $l$  — oddalenie punktu przyłożenia ciężaru od jakiegokolwiek bądź przekroju belki  
 $Q$  — ciężar równostajnie rozłożony na belce, ewent. waga własna belki  
 $M$  — moment przy zginaniu dla podanego przekr.  
 $V$  — siła przecinająca, działająca w kierunku pion.  
 $\sigma$  — natężenie włókna  
 $y$  — odległość tego włókna od osi obojętnej  
 $e'$  — odległość najdalej położonego włókna rozciągniętego  
 $e''$  — odległość najdalej położonego włókna ściśniętego.  
 $k$  — największe natężenie dozwolone przy rozciąganiu.  
 $k_1$  — " " " przy ściskaniu.  
 $e$  — odległość najdalej położonego włókna od osi obojętnej.  
 $J$  — moment bezwładności odnośnie do osi obojętnej.  
 $W$  — moment wytrzymałości.

Równanie podstawowe dla zginania:

$$M = \sigma \cdot \frac{J}{y},$$

żeby belka mogła wytrzymać obciążenie winno być:

$$M \leq \frac{J \cdot k}{e'} = W'k \text{ i } M \leq \frac{J k_1}{e''} = W''k_1;$$

wielkość  $W = J : e$  jest momentem wytrzymałości; posługują się tym z przytoczonych wzorów, który daje wymiary największe.

2. Dla niektórych materiałów, przeważnie dla żelaza łanego, podane powyżej wytyczne nie mogą być stosowane w zupełności: Przypuszczenie że włókna, z których składa się belka pracująca na zginanie, nie wywierają nawzajem żadnego wpływu, dla belki z żelaza łanego będzie tem pewniejsze czem więcej przekrój tej belki przybliży się do dwóch pasów równoległych do osi obojętnej i położonych w pewnej od niej odległości. Przypuszczenie te zostaje sprawiedliwym przy zastosowaniu do wszystkich materiałów.

W belce z żelaza lanego wydłużenia nie są proporcjonalne natężeniom (spółczynnik sprężystości nie jest jednakowy dla wszystkich włókien). Siły w najwięcej natężonych włóknach są znacznie mniejsze od określanych według wzoru:  $M = \sigma \cdot \frac{J}{y}$ .

Doświadczenia nad belkami z żelaza lanego dowiodły, że wytrzymałość nietrwała żelaza lanego przy zginaniu: a) przewyższa wytrzymałość nietrwałą żelaza lanego przy rozciąganiu tem więcej czem więcej materiał belki został skupiony wokół osi obojętnej i b) tem więcej przybliżyła się do wytrzymałości nietrwałej przy rozerwaniu (t. j. zmniejsza się) czem więcej odległość  $Z_0$  środka ciężkości przekroju, położonego po jednej stronie osi obojętnej do tej ostatniej, przybliżyła się do wielkości  $e$ ; natężenie dozwolone przy zginaniu określa się wzorem:

$$k_g = \alpha \sqrt{\frac{e}{Z_0} \cdot k} \quad \text{gdzie}$$

$\alpha$  — współczynnik = pomiędzy  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{2}$ ,

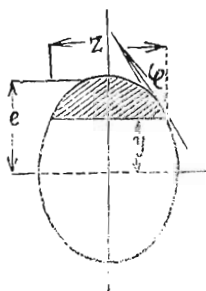
$Z_0$  — odległość środka ciężkości przekroju położonego po jednej stronie osi obojętnej do tej ostatniej.

Dla żelaza lanego, obrobionego  $k_g = 1,2 \sqrt{\frac{e}{Z_0} \cdot k}$ ,

przy przekroju prostokątnym  $k_g = 1,73 k$

" " kołowym  $k_g = 2,15 k$ .

β.) — Natężenia przecinające (rys. 75.).



Znaczenia liter jak wyżej

$Z$  — szerokość przekroju w odległości  $y$  od osi obojętnej

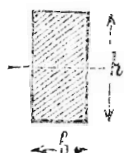
$\tau$  — natężenie przecinające w tym paśmie (styczne).

Rys. 75.

Przypuszczając że współrzędna oś  $X$  zlewa się z osią podłużną belki, to siła przecinająca  $V = \frac{dM}{dx}$ . Natężenie przy przecinaniu  $\tau$  działa nie tylko w płaszczyźnie badanego przekroju w kierunku  $V$ , lecz jednocześnie działa i w kierunku prostopadłym do tego przekroju; natężenie te dla jakiegobądź punktu jednego, jest jednakowym dla oby-

dwu kierunków:  $\tau = \frac{V}{J \cdot z \cos \varphi} \int_y^e yz dy$ , a więc  $\tau = \max.$

przy  $y = 0$ , i  $\tau = 0$  przy  $y = e$ . Dla przekroju prostokątnego  $bh$ . (rys. 76):

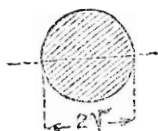


$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{bh} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{y}{e} \right)^2 \right]; e = \frac{h}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{bh} \text{ przy } y = 0.$$

Rys. 76.

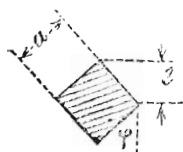
Dla koła o promieniu  $r$ . (rys. 77):



$$\tau = \frac{4V}{3\pi r^2} \cos \varphi$$

$$\tau_{\max} = \frac{4}{3} \cdot \frac{V}{\pi r^2} \text{ przy } y = 0.$$

Rys. 77.



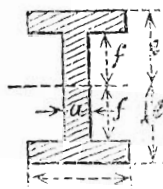
Dla kwadratu postawionego na kąt (rys. 78):

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{a^2} \cdot \left[ 1 + \frac{y}{e} - 2 \left( \frac{y}{e} \right)^2 \right]; e = \frac{a}{12}$$

$$\tau_{\max} = \frac{9}{4} \cdot \frac{V}{a^2} \text{ przy } y = \frac{1}{4} e.$$

Rys. 78.

Dla przekroju dwuteownika (rys. 79):



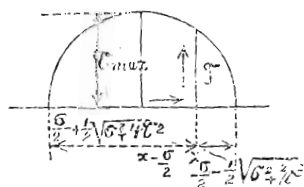
$$\tau_{\max} = \frac{3}{4} \cdot \frac{V b c^2 - (b-a)f^2}{a b c^3 - (b-a)f^3}, \text{ przy } y=0$$

Rys. 79.

γ. Natężenia główne.

Dla punktu przekroju poprzecznego, dla którego  $\sigma$  i  $\tau$  mają wartości max., największe natężenia normalne (natężenia główne) odnajdujemy za pomocą wzoru:

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$



Rys. 80.

znaki — górny przy rozciąganiu, dolny — przy ściskaniu; kąt nachylenia  $\sigma_{\max}$  do osi belki  $\varphi$  określa się wzorem:

$\operatorname{tg} 2\varphi = \pm \frac{2\tau}{\sigma}$ , znak — przy rozciąganiu, znak + przy ściskaniu.

Największe natężenie na przecinanie określa się

wzorem:  $\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$ , kąt  $\varphi_{\tau}$  — nachylenia największego natężenia na przecinanie do osi belki, otrzymamy:  $\operatorname{tg} 2\varphi_{\tau} = \frac{\sigma}{2\tau}$ ; kierunek największego natężenia na przecinanie, krzyżując się z największym rozciągającym i ściskającym natężeniami tworzy kąt  $45^\circ$ .

Największe natężenie materiału oblicza się w sposób następujący:

$k = \frac{m-1}{2m} \sigma \pm \frac{m+1}{2m} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$  gdzie  $m$  — wielkość stała, zależy od materiału, dla metali przyjmuje się  $m = 4$ , a więc dla metali  $k = \frac{3}{8} \sigma \pm \frac{5}{8} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$

δ. Linja sprężysta:

Promień krzywosci  $\rho$  określa się z równania:

$$M = \frac{E \cdot J}{\rho}$$

przy puszczać że współrzędna oś  $X$  — zlewa się z osią podłużną belki otrzymuje się

$$\rho = \frac{\left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}}{\pm \frac{d^2y}{dx^2}}$$

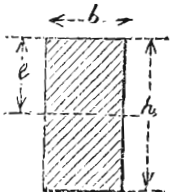
i w przybliżeniu E. I.  $\frac{d^2y}{dx^2} = \pm M$ .

Równanie linii sprężystej określa się z powyższego za pomocą całkowania.

Przy  $M = 0$ ,  $\rho = \infty$  t. j. punkty przegięcia linii sprężystej znajdują się w miejscach gdzie  $M = 0$ .

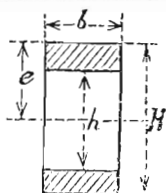
## 10. TABELA № 55.

Równikowe momenty bezwładności i momenty wytrzymałości.

| PRZEKRÓJ                                                                            | Moment bezwładności $J$ , w cm. <sup>4</sup> | Moment wytrzymałości $W = \frac{J}{c}$ mc. <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | $J = \frac{b h^3}{12}$                       | $W = \frac{b h^2}{6}$                                   |

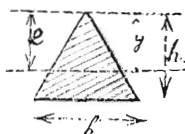
Rys. 81.

## PRZEKRÓJ

Moment bezwładności  $J$ , w  $\text{cm}^4$ Moment wytrzymałości  $W = \frac{J}{e} \text{mc}^3$ 

Rys. 82.

$$J = \frac{b}{12} (H^3 - h^3) \quad W = \frac{b}{6H} (H^3 - h^3)$$

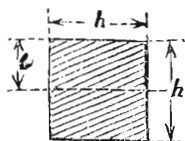


Rys. 83.

$$J = \frac{1}{36} b h^3$$

$$y = \frac{2}{3} h$$

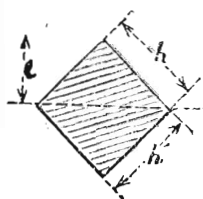
$$W = \frac{b h^2}{24}$$



Rys. 84.

$$J = \frac{h^4}{12}$$

$$W = \frac{h^3}{6}$$

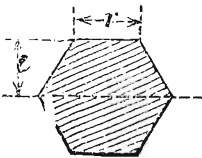
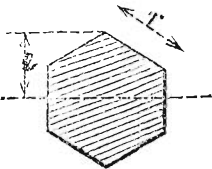
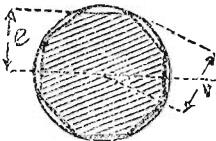


Rys. 85.

$$J = \frac{h^4}{12}$$

$$e = \frac{h}{\sqrt{2}}$$

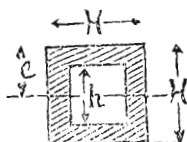
$$W = 0,118 h^3$$

| PRZEKRÓJ                                                                                                                                  | Moment bezwładności $J$ , w $\text{cm}^4$                                                                            | Moment wytrzymałości $W = \frac{J}{e} \text{mc.}^3$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 86.</p>                                         | $J = \frac{5}{16} \cdot \sqrt{3} \cdot r^4 =$ $= 0,5413 r^4$ $e = \frac{r \sqrt{3}}{2}$                              | $W = \frac{5}{8} r^3$                               |
|  <p>Rys. 87.</p>                                         | $J = \frac{5}{16} \cdot \sqrt{3} \cdot r^4 =$ $= 0,5413 r^4$ $e = r$                                                 | $W = 0,5413 r^3$                                    |
|  <p>Rys. 88.</p>                                         | $J = \frac{1+2\sqrt{2}}{9} \cdot r^4 =$ $= 0,638 r^4$ $e = r \cdot \sin 67^\circ 30' =$ $= 0,92388 r$                | $W = 0,6906 r^3$                                    |
| <p>Wielobok foremny o <math>n</math> bokach u którego <math>s</math>—bok, <math>F</math>—pole, <math>r</math>—promień koła opisanego.</p> | $J = \frac{F}{12} \cdot \left( 3r^2 - \frac{s^2}{2} \right)$ <p>lub w przybliżeniu</p> $J = \frac{1}{4} r^2 \cdot F$ | $W = \frac{r \cdot F}{4}$                           |

PRZEKRÓJ

Moment bezwładności  
J, w cm.<sup>4</sup>

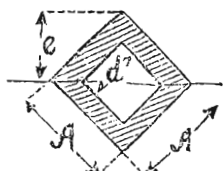
Moment wytrzymałości  
 $W = \frac{J}{c}$  mc.<sup>3</sup>



Rys. 89.

$$J = \frac{H^4 - h^4}{12}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$$



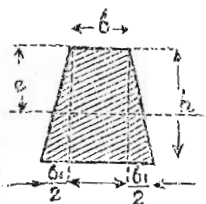
Rys. 90.

$$J = \frac{A^4 - a'^4}{12}$$

$$e = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

$$W = \frac{A^4 - a'^4}{12 A \sqrt{2}}$$

$$= 0,118 \frac{A^4 - a'^4}{A}$$



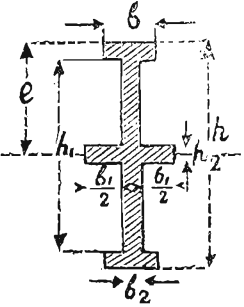
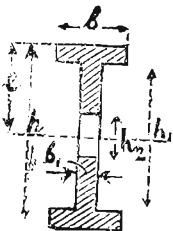
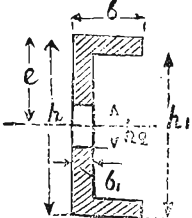
Rys. 91.

$$J = \frac{6 b^3 + 6 b b_1 + b_1^3}{36 (2 b + b_1)} \cdot h^3$$

$$e = \frac{3 b + 2 b_1}{3 (2 b + b_1)} \cdot h$$

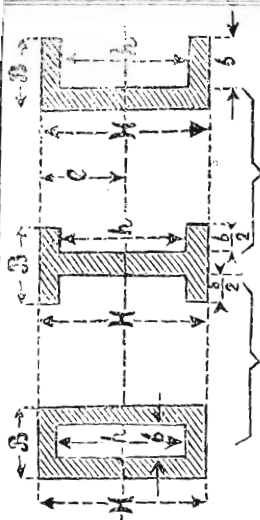
$$W = \frac{6 b^3 + 6 b b_1 + b_1^3}{12 (3 b + 2 b_1)} \cdot h^2$$



| PRZEKRÓJ                                                                                            | Moment bezwładności<br>J. w cm. <sup>4</sup>           | Moment wytrzymałości<br>$W = \frac{J}{c} mc.^3$         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 92.</p>   | $J = \frac{b h^3 - (b - b_1) h_1^3 + b_1 h_1^3}{12}$   | $W = \frac{b h^2 - (b - b_1) h_1^2 + b_1 h_1^2}{6 h}$   |
|  <p>Rys. 93.</p>  | $J = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{12}$ | $W = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{6 h}$ |
|  <p>Rys. 94.</p> | $J = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{12}$ | $W = \frac{b (h^3 - h_1^3) + b_1 (h_1^3 - h_2^3)}{6 h}$ |

## PRZEKRÓJ

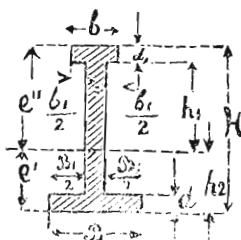
Moment bezwładności  
J. w cm.

Moment wytrzymałości  
 $W = \frac{J}{e} mc.^3$ 


Rys. 95.

$$J = \frac{B H^3 - b h^3}{12}$$

$$W = \frac{B H^3 - b h^3}{6H}$$



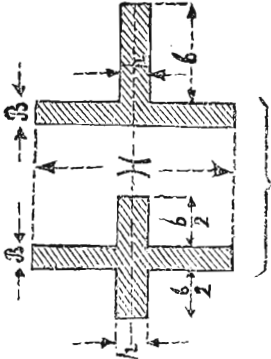
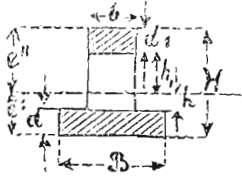
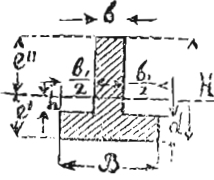
Rys. 96.

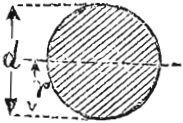
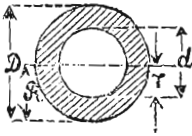
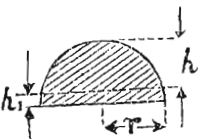
$$J = \frac{1}{3} \left[ B e'^3 - B_1 h_1^3 + b e'^3 - b_1 h_1^3 \right]$$

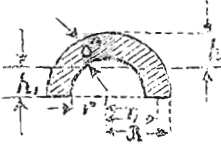
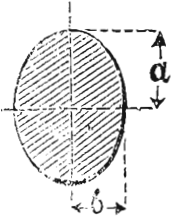
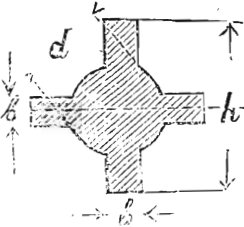
$$e' = \frac{1}{2} \frac{a H^2 + B_1 d_1^2 + b_1 d_1 (2 H - d_1)}{a H + B_1 d_1 + b_1 d_1}$$

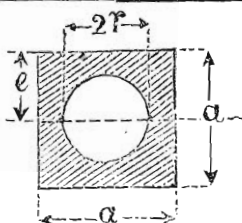
$$W = \frac{J}{e'}$$

$$W_1 = \frac{J}{e''}$$

| PRZEKRÓJ                                                                                            | Moment bezwładności<br>J. w cm. <sup>4</sup>                                                                    | Moment wytrzymałości<br>$W = \frac{J}{e} \text{ cm.}^3$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 97.</p>    | $J = \frac{BH^3 + bh^3}{12}$                                                                                    | $W = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$                            |
|  <p>Rys. 98.</p> | $J = \frac{1}{3} [B(e'^3 - h'^3) - b(e''^3 - h'^3)]$ $e' = \frac{1}{2} \frac{Bd^3 + bd_1(2H - d_1)}{Bd - bd_1}$ | $W = J : e'$ $W' = J : e''$                             |
|  <p>Rys. 99.</p> | $J = \frac{1}{3} [Be'^3 - bh^3 + be'^3]$ $e' = \frac{1}{2} \frac{bH^2 + bd^3}{bH + bd}$                         | $W = J : e'$ $W' = J : e''$                             |

| PRZEKRÓJ                                                                                            | Moment bezwładności<br>J. w cm. <sup>4</sup>                             | Moment wytrzymałości<br>W = $\frac{J}{c}$ mc. <sup>3</sup>      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 100.</p>  | $J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$ $= 0,0491 d^4 = 0,7854 r^4$ | $W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4}$ $= 0,0982 d^3$     |
|  <p>Rys. 101.</p>  | $J = \frac{\pi (D^4 - D'^4)}{64}$ $= \frac{\pi (R^4 - r^4)}{4}$          | $W = \frac{\pi (D^3 - D'^3)}{32}$ $= \frac{\pi (R^3 - r^3)}{4}$ |
|  <p>Rys. 102.</p> | $J = 0,110 r^4$ $h_c = 0,424 r; h = 0,576 r$                             | $W = 0,19 r^3$ $W_c = 0,26 r^3$                                 |

| P R Z E K R Ó J                                                                                      | Moment bezwładności J.<br>w cm. <sup>4</sup>                                                                    | Moment wytrzymałości<br>$W = \frac{J}{e}$ cm. <sup>3</sup>   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 103.</p>   | $J = 0,110 (R^4 - r^4) - 0,283 R^2 r^2 (R - r)$ $- \frac{R + r}{R + r}$ <p>lub blisko</p> $J = 0,3 \hat{c} r^4$ | $W = J : h$ $W_1 = J : h_1$                                  |
|  <p>Rys. 104.</p>  | $J = \frac{\pi \cdot b \cdot a^3}{4} = 0,785 b a^3$                                                             | $W = \frac{\pi b a^2}{4} = 0,785 b a^2$                      |
|  <p>Rys. 105.</p> | $J = \frac{1}{12} \cdot \left[ \frac{3\pi}{16} d^4 + b (h^3 - d^3) + b^3 (h - d) \right]$                       | $W = \frac{1}{6h} [0,589 d^4 + b (h^3 - d^3) + b^3 (h - d)]$ |



Rys. 106.

$$J = \frac{1}{12} (a^3 - 3\pi r^4)$$

$$W = \frac{a^3 - 3\pi r^4}{6a}$$

## 10. TABELA № 56.

Oznaczenia:

M — moment wytrzymałości przy zginaniu

P — ciężar skupiony

Q — ciężar równostajnie rozłożony

f — największa strzałka ugięcia

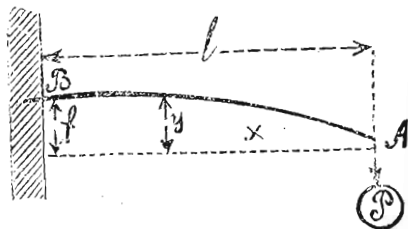
E — współczynnik sprężystości

J — moment bezwładności

W — moment wytrzymałości = M : k

k — natężenie dozwolone

A i B — odpór podpory



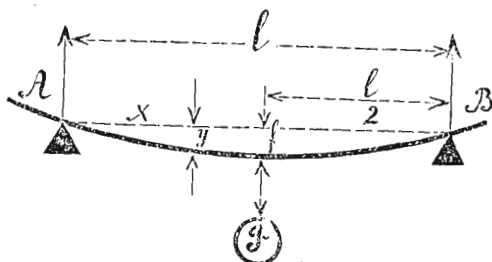
Rys. 107.

$$B = P; M_x = Px; M_{\max} = P \cdot l$$

$$W = \frac{Pl}{k}; f = \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J \cdot 3}; \text{przekrój}$$

niebezpieczny przy punkcie B;  
równanie linii sprężystej:

$$y = \frac{P \cdot l^3}{2 E \cdot J} \left[ \frac{x}{l} - \frac{1}{3} \cdot \frac{x^3}{l^3} \right]$$

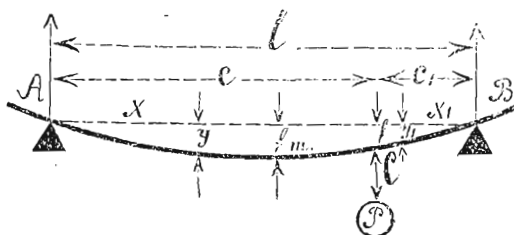


Rys. 108.

$$A = B = \frac{P}{2}; \quad M_x = \frac{Px}{2}; \quad M_{\max} = \frac{P \cdot l}{4}$$

$W = \frac{Pl}{4k}; \quad f = \frac{l^3}{48} \cdot \frac{P}{E \cdot J};$  przekrój niebezpieczny na środku  $l$ ; równanie linii sprężystej:

$$Y = \frac{P \cdot l^3}{16 \cdot E \cdot J} \cdot \left[ \frac{x}{l} - \frac{4}{3} \cdot \frac{x^3}{l^3} \right].$$



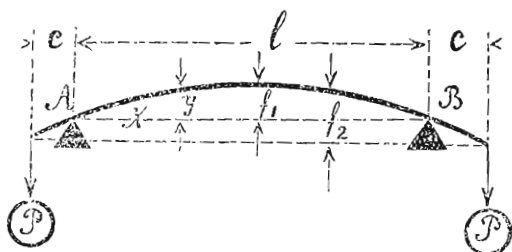
Rys. 109.

$$A = \frac{P \cdot c_1}{l}; \quad B = \frac{P \cdot c}{l}; \quad \text{dla AC: } M = \frac{P c_1 x}{l}; \quad \text{dla BC: } M = \frac{P c x}{l}; \quad M_{\max} = \frac{P \cdot c \cdot c_1}{l}; \quad W = \frac{P c c_1}{l k}; \quad f = \frac{1}{3} \cdot \frac{P l^3 c^2 c_1^2}{E \cdot J \cdot l^3};$$

$f_{\max}$  przy  $x = c \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{3 c_1}{2 c}}$ ; przekrój niebezpieczny przy  $\underline{C}$ ; równanie linii sprężystej:

$$Y = \frac{P \cdot c^2 \cdot c_1^2}{6 l \cdot E \cdot J} \cdot \left[ 2 \cdot \frac{x}{c} + \frac{x}{c_1} - \frac{x^3}{c^2 c_1} \right]$$

$$Y_1 = \frac{P \cdot c_1^2 \cdot c^2}{6 l \cdot E \cdot J} \cdot \left[ 2 \cdot \frac{x_1}{c_1} + \frac{x_1}{c} - \frac{x_1^3}{c_1^2 c} \right]$$

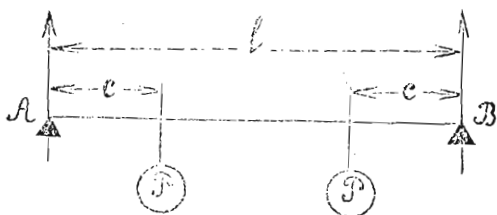


Rys. 110.

$A = B = P$ ; dla AB:  $M_{\max} = Pc$ ;  $W = Pc : k$ ;  $f_1 = \frac{c l^2}{8} \cdot \frac{P}{E \cdot J}$ ;  $f_2 = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \left( \frac{c^3}{3} + \frac{e l^2}{2} \right)$ ; przekrój niebezpieczny w dowolnym punkcie pomiędzy A i B; równanie linii sprężystej:

$$y = f_1 - \rho + \sqrt{\rho^2 - x^2 + l \left( x - \frac{l}{4} \right)} \quad \text{gdzie}$$

$$\rho = \frac{E \cdot J}{P \cdot c}.$$

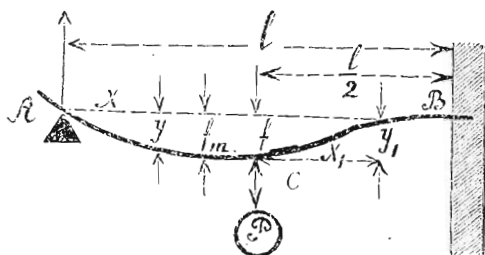


Rys. 111.

$$A = B = P; M_{\max} = P \cdot c; W = \frac{P \cdot c}{k}$$

$$f = \frac{1}{24} \cdot \frac{P \cdot c}{E \cdot J} (3l^2 - 4c^2)$$





Rys. 112.

$$A = \frac{5}{16} \cdot P; \quad B = \frac{11}{16} \cdot P; \quad \text{Dla AC;} \quad M = \frac{5}{16} \cdot P \cdot x;$$

$$\text{Dla BC;} \quad M = P l \left( \frac{5}{32} - \frac{11}{16} \cdot \frac{x_1}{l} \right); \quad \text{Dla B;} \quad x_1 = l/2;$$

$$M_{\max} = \frac{3}{16} \cdot P l. \quad \text{Dla C;} \quad x_1 = 0; \quad M = \frac{5}{32} \cdot P l;$$

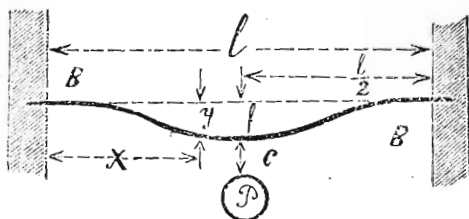
$$\text{przekrój niebezpieczny przy B;} \quad W = \frac{3}{16} \cdot \frac{P \cdot l}{k};$$

$$f = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \frac{7 l^3}{768}; \quad f_{\max} = \sqrt{\frac{P \cdot l^3}{240 \cdot E \cdot J}} \quad \text{przy } x = l \sqrt{\frac{1}{5}};$$

równanie linii sprężystej:

$$y = \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J \cdot 32} \cdot \left[ \frac{x}{l} - \frac{5}{3} \cdot \frac{x^3}{l^3} \right]$$

$$y_1 = \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J \cdot 32} \left[ \frac{1}{4} \cdot \frac{x_1}{l} + \frac{5}{2} \cdot \frac{x_1^2}{l^2} - \frac{11}{3} \frac{x_1^3}{l^3} \right]$$



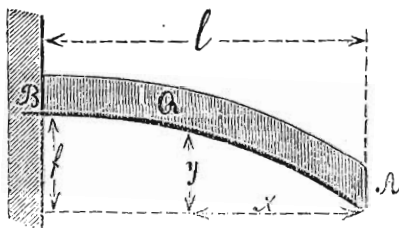
Rys. 113.

$$B = \frac{P}{2}; M = \frac{P \cdot l}{2} \cdot \left( \frac{x}{l} - \frac{1}{4} \right); M_{\max} = \frac{P \cdot l}{8};$$

przekrój niebezpieczny przy B i C;  $W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k}.$

$$f = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{192}; \text{ równanie linii sprężystej:}$$

$$y = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{16} \cdot \left[ \frac{x^2}{l^2} - \frac{4}{3} \cdot \frac{x}{l} \right]$$



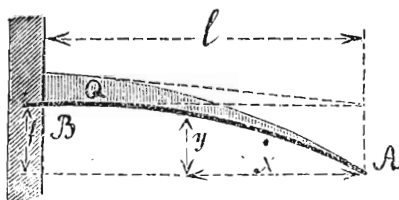
Rys. 114.

$$B = Q; M = \frac{Q \cdot x^2}{2 \cdot l}; M_{\max} = \frac{Q \cdot l}{2}; W = \frac{Q \cdot l}{2 \cdot k};$$

$$f = \frac{l^3}{8} \cdot \frac{Q}{E \cdot J};$$

równanie linii sprężystej,

$$y = \frac{l^3}{24} \cdot \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \left[ \frac{x^4}{l^4} - \frac{4x}{l} + 3 \right]$$

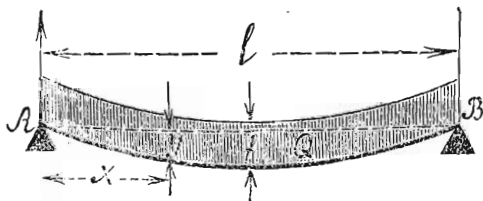


Rys. 115.

$B = Q$ ;  $M = \frac{Q}{3} \cdot \frac{x^3}{l^2}$ ;  $M_{\max} = \frac{Q \cdot l}{3}$ ; przekrój niebezpieczny przy B;  $W = \frac{Q \cdot l}{3 \cdot k}$ ;  $f = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \frac{l^4}{15}$ ;

równanie linii sprężystej:

$$y = \frac{l^3}{12} \cdot \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \left[ \frac{x}{l} - \frac{1}{5} \cdot \frac{x^5}{l^2} \right]$$



Rys. 116.

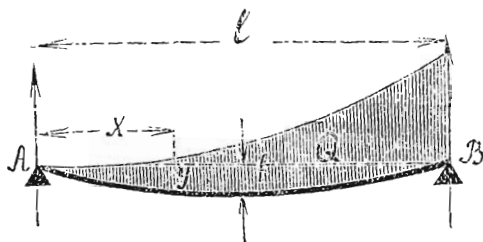
$A = B = \frac{Q}{2}$ ;  $M_x = \frac{Q \cdot x}{2} \cdot \left( 1 - \frac{x}{l} \right)$ ;  $M_{\max} = \frac{Q \cdot l}{8}$ ;

przekrój niebezpieczny na środku;

$$W = \frac{Q \cdot l}{8 \cdot k}; f = \frac{5 \cdot l^5}{384} \cdot \frac{Q}{E \cdot J};$$

równanie linii sprężystej:

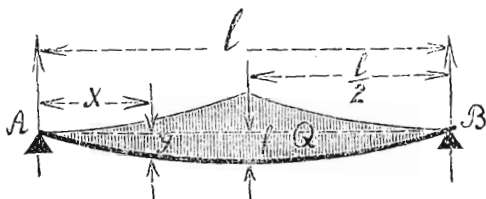
$$y = \frac{l^5}{24} \cdot \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \left[ \frac{x}{l} - 2 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^5}{l^5} \right]$$



Rys. 117.

$$A = \frac{Q}{3}; B = \frac{2}{3}Q; M_x = \frac{Q \cdot x}{3} \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right); M_{\max} = 0,128 Q \cdot l; \text{przekrój niebezpieczny przy } x = 0,577 l;$$

$$W = \frac{Q \cdot l}{7,794 \cdot k}; f_{\max} = 0,013 \cdot \frac{Q \cdot l^3}{E \cdot J};$$

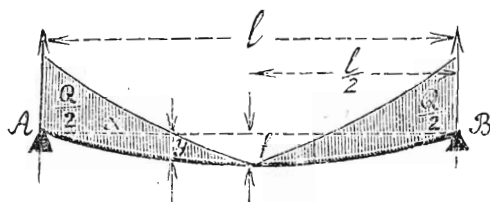


Rys. 118.

$$M = Q \cdot x \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{x^2}{l^2}\right); M_{\max} = \frac{Q \cdot l}{6}; \text{przekrój}$$

$$\text{niebezpieczny na środku}; W = \frac{Q \cdot l}{6 \cdot k}; f = \frac{l^3}{60} \cdot \frac{Q}{E \cdot J};$$

$$y = \frac{l^3}{12} \cdot \frac{Q}{E \cdot J} \left[ \frac{5 \cdot x}{8 l} - \frac{x^3}{l^3} + \frac{2 x^5}{5 l^5} \right]$$



Rys. 119.

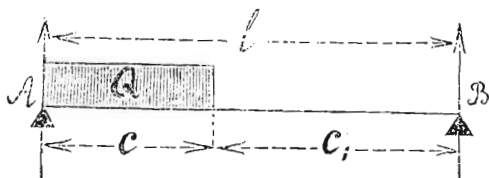
$$M = Q \cdot x \left( \frac{1}{2} - \frac{x}{l} + \frac{2x^2}{3l^2} \right).$$

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot l}{12}; \text{ przekrój niebezpieczny na środku;}$$

$$W = \frac{Q \cdot l}{12 \cdot k}; \quad f = \frac{3 \cdot l^3}{320} \cdot \frac{Q}{E \cdot J}.$$

równanie linii sprężystej:

$$y = \frac{l^3}{12 \cdot E \cdot J} \cdot \left[ \frac{3}{8} \cdot \frac{x}{l} - \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} - \frac{2}{5} \cdot \frac{x^5}{l^5} \right]$$

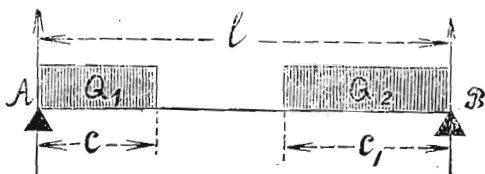


Rys. 120.

$$A = \frac{Q(2c_1 + c)}{2l}; \quad B = \frac{Q \cdot c}{2l}; \quad M_{\max} = \frac{A^2 c}{2 \cdot Q};$$

$$W = \frac{A^2 c}{2 \cdot Q \cdot k}; \quad \text{przy } c = c_1: \quad A = \frac{3}{4} Q;$$

$$B = \frac{Q}{4}; \quad M = \frac{9}{16} \cdot \frac{Q \cdot l}{4}.$$

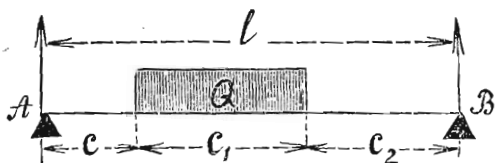


Rys. 121.

$$A = \frac{Q_1 (2l - c) + Q_2 c_1}{2l}; \quad B = \frac{Q_2 (2l - c_1) + Q_1 c}{2l}$$

Przy  $A < Q_1$ :  $M = \frac{A^2 \cdot c}{2 Q_1}$ ;  $W = \frac{A^2 \cdot c}{2 Q_1 \cdot k}$ . Przy  $B < Q_2$ :

$$M = \frac{B^2 c_1}{2 Q_2}; \quad W = \frac{B^2 c_1}{2 Q_2 \cdot k}.$$



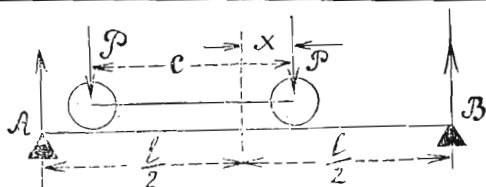
Rys. 122.

$$A = \frac{Q (2c_2 + c_1)}{2l}; \quad B = \frac{Q (2c + c_1)}{2l}$$

$$M = A \left( c + \frac{c_1}{2} \cdot \frac{A}{Q} \right); \quad W = M : k; \quad \text{przy } c =$$

$$= c_2 : A = B = Q : 2; \quad M_{\max} = \frac{Q}{4} \left( l - \frac{c_1}{2} \right); \quad \text{strzałka na}$$

$$\text{środku belki } f = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \frac{8 l^3 - (4 l - c_1) c_1^2}{384}$$



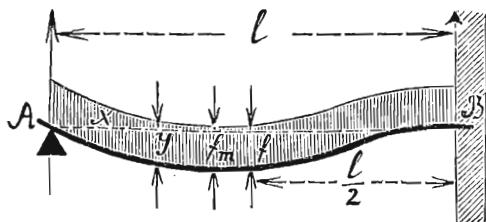
Rys. 123.

$$A = P \left( 1 - \frac{2x}{l} + \frac{c}{l} \right); B = P \left( 1 + \frac{2x}{l} - \frac{c}{l} \right);$$

$$\text{przy } x = \frac{1}{4} c : M_{\max} = \frac{P l}{2} \left( 1 - \frac{c}{2l} \right)^2; \text{ przy}$$

$c > 0,586 l$  i w wypadku, że jeden ciężar na środku,

$$\text{a drugi poza podporą } M_{\max} = \frac{P \cdot l}{4}$$



Rys. 124.

$$A = \frac{3}{8} Q; B = \frac{5}{8} Q; M = \frac{Q x}{2} \left( \frac{3}{4} - \frac{x}{l} \right); M_{\max} = \frac{Q l}{8};$$

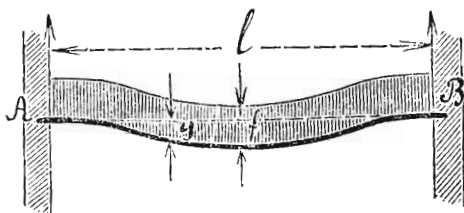
przekrój niebezpieczny przy B; ugięcie największe

przy  $x = \frac{l}{16} \cdot \left( 1 + \sqrt{33} \right)$ ; punkt przegięcia przy

$$x = \frac{3}{4} l \text{ w którym } M = 0; W = \frac{Q \cdot l}{8 \cdot k}; f =$$

$$= \frac{l^4}{192} \cdot \frac{Q}{E \cdot J}; \text{ równanie linii sprężystej}$$

$$y = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \frac{l^4}{48} \left[ \frac{x}{l} - \frac{3x^3}{l^3} + \frac{2x^4}{l^4} \right]$$



Rys. 125.

$$R = B = \frac{Q}{2}; M = \frac{Q}{2} l \left( \frac{1}{6} - \frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2} \right);$$

$$M_{\max} = \frac{Q l}{12}; \text{ dla } \text{środk} \text{ przy } x = \frac{l}{2}: M = \frac{Q l}{24}; \text{ prze-}$$

krój niebezpieczny przy B; punkt przegięcia przy

$$x = \frac{l}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{1}{3}} \right); W = \frac{Q l}{12 \cdot k}; f = \frac{l^3}{384} \cdot \frac{Q}{E \cdot J};$$

równanie linii sprężystej

$$y = \frac{Q}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{24} \left[ \frac{x^2}{l^2} - \frac{2x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right]$$

## 11. Obciążenie belki o dwóch podporach.

Moment zginania znajdujący się w odległości  $x$  od lewej podpory:

$$M_x = \frac{l-x}{l} \cdot \sum_0^x P \cdot c + \frac{x}{l} \cdot \sum_x^l P (l-c) \text{ gdzie } c -$$

odległość punktu przyczepu sił  $P$  od lewej podpory.

Suma sił w przekroju  $x$ :

$$V_x = \sum P = \frac{d M_x}{d x} = -\frac{1}{l} \cdot \sum_0^x P \cdot c + \frac{1}{l} \cdot \sum_x^l P (l-c);$$

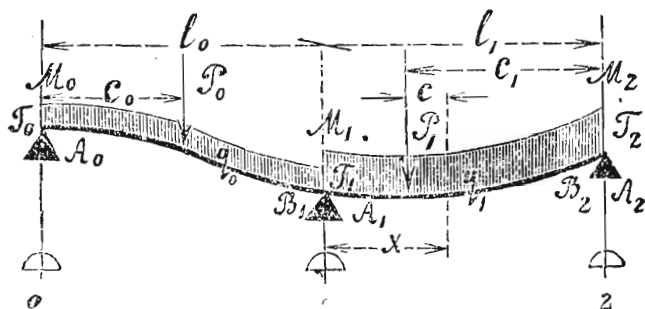


$$\text{odpór lewej podpory } R = \frac{1}{l} \cdot \sum_0^l P (l - c)$$

Przy obciążeniu  $Q = q l$  — równostajnie rozłożo-  
nem:

$$M_x = \frac{1}{2} q x (l - x); V_x = q \left( \frac{l}{2} - x \right); R = \frac{q \cdot l}{2}$$

## 12. Belki wieloprzęsłowe (rys. 126).



Rys. 126.

### a. Obliczenie momentów nad podporami:

$M_0$ ;  $M_1$ ;  $M_2$ : momenty dla odpowiednich podpór 0, 1, 2;  
 $y$  — wysokość umieszczenia punktów podporowych nad  
pewną płaszczyzną poziomą.

$$\begin{aligned} 1. \quad 6 E. J. \left( \frac{y_1 - y_0}{l_0} + \frac{y_1 - y_2}{l_1} \right) = & M_0 l_0 + 2 M_1 (l_0 + l_1) + \\ & + M_2 l_1 + \frac{\sum P \cdot C_0 (l_0^2 - C_0^2)}{l_0} + \frac{\sum P C_1 (l_1^2 - C_1^2)}{l_1} + \\ & + \frac{1}{4} (q_0 l_0^3 + q_1 l_1^3); \end{aligned}$$

jest to równanie Mohr'a; jeżeli wszystkie punkty oporo-  
we będą w jednym poziomie to  $y_0 = y_1 = y_2$  i pierwsza  
część równania (1) będzie  $= 0$ , i wtedy otrzymamy równa-  
nie Bertot'a. Dla belki poddanej działaniu obciążenia wy-  
łącznie równomiernie rozłożonego. Równanie momentów

będzie:

$$2. \quad 6 E \cdot J \cdot \left( \frac{y_1 - y_0}{l_0} + \frac{y_1 - y_2}{l_1} \right) = M_0 l_0 + 2 M_1 (l_0 + l_1) + M_2 l_1 - \frac{1}{4} (q_0 l_0^3 + q_1 l_1^3)$$

Przy  $n$  przęsłach i  $n + 1$  podporach można ułożyć  $n - 1$  równań o wyglądzie (1), każde dla dwóch przeseł: tych równań łącznie z dwoma równaniami dla podpór skrajnych jest dostatecznie dla określenia  $n + 1$  momentów, dla  $n + 1$  podpór.

### 13. β. Obliczenie ciśnienia na podpory.

Oznaczamy (rys. 126):

$B_1; B_2 \dots B_n$  — odpór podpory od lewej strony, ujawniający się przy obciążeniu położonem po lewej stronie każdej podpory.

$A_1; A_2 \dots A_n$  — odpór podpory ujawniający się przy obciążeniu położonem po prawej stronie każdej podpory.

$T_0, T_1 \dots T_n$  — ogólny odpór podpory,

a więc:  $T_0 = A_0$

$$T_1 = A_1 + B_1$$

$$T_n = B_n.$$

Moment w odległości  $x$  (wielkość dowolna) od pierwszej podpory =

$$M = M_1 - \frac{q_1 x^2}{2} - \sum_0^x P_i C_i + A_1 l_1;$$

$$\text{przy } x = l_1: M_2 = M_1 - \frac{q_1 l_1^2}{2} - \sum P_i C_i + A_1 l_1$$

$$\text{skąd: } A_1 = \frac{M_2 - M_1}{l_1} + \frac{q_1 l_1}{2} + \frac{\sum P_i C_i}{l_1};$$

podobnie odnajdujemy:

$$B_1 = \frac{M_0 - M_1}{l_0} + \frac{q_0 l_0}{2} + \frac{\sum P_0 C_0}{l_0}$$

a więc ciśnienie ogólne na oporę:

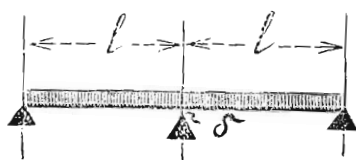
$$T_1 = \frac{q_0 l_0 + q_1 l_1}{2} - M_1 \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_0} \right) + \frac{M_2}{l_1} + \frac{M_0}{l_0} + \frac{\sum P_1 c_1}{l_1} + \frac{\sum P_0 c_0}{l_0}$$

W poniższej tabeli podane wyniki obliczeń dla belek obciążonych równomiernie, położonych na od 3 do 9 podporach jednakowej wysokości (na jednym poziomie) i postawionych w równych odległościach jedna od drugiej (prześia o równych rozpiętościach).

|             | ILOŚĆ PODPÓR |        |        |        |        |        |        | mnoż-<br>nik |
|-------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
|             | 3            | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |              |
| $M_1$       | 0,1250       | 0,1000 | 0,1071 | 0,1053 | 0,1058 | 0,1056 | 0,1057 | $ql^2$       |
| $M_2$       | —            | —      | 0,0714 | 0,0789 | 0,0769 | 0,0775 | 0,0773 | „            |
| $M_3$       | —            | —      | —      | —      | 0,0865 | 0,0845 | 0,0850 | „            |
| $M_4$       | —            | —      | —      | —      | —      | —      | 0,0825 | „            |
| $T$         | 0,3750       | 0,4000 | 0,3929 | 0,3947 | 0,3942 | 0,3944 | 0,3943 | $ql$         |
| $T_0$       | 1,2500       | 0,1000 | 1,1428 | 1,1317 | 1,1327 | 1,1337 | 1,1340 | „            |
| $T_1$       | —            | —      | 0,9286 | 0,9736 | 0,9616 | 0,9649 | 0,9640 | „            |
| $T_2$       | —            | —      | —      | —      | 1,0192 | 1,0070 | 1,0103 | „            |
| $T_3$       | —            | —      | —      | —      | —      | —      | 0,9948 | „            |
| $M_{1,max}$ | 0,0703       | 0,0800 | 0,0772 | 0,0779 | 0,0777 | 0,0778 | 0,0777 | $ql^2$       |
| $M_{2,max}$ | —            | 0,0250 | 0,0364 | 0,0332 | 0,0340 | 0,0338 | 0,0339 | „            |
| $M_{3,max}$ | —            | —      | —      | 0,0461 | 0,0433 | 0,0440 | 0,0438 | „            |
| $M_{4,max}$ | —            | —      | —      | —      | —      | 0,0405 | 0,0412 | „            |
| $X_1$       | 0,3750       | 0,4000 | 0,3930 | 0,3947 | 0,3942 | 0,3944 | 0,3943 | $l$          |
| $X_2$       | —            | 0,5000 | 0,5357 | 0,5264 | 0,5327 | 0,5281 | 0,5283 | „            |
| $X_3$       | —            | —      | —      | 0,5000 | 0,4904 | 0,4930 | 0,4923 | „            |
| $X_4$       | —            | —      | —      | —      | —      | 0,5000 | 0,5026 | „            |
| $\xi_1$     | 0,7500       | 0,8000 | 0,7860 | 0,7894 | 0,7884 | 0,7887 | 0,7887 | „            |
| $\xi_2$ {   | —            | 0,2760 | 0,2659 | 0,2680 | 0,2675 | 0,2680 | 0,2680 | „            |
|             | —            | 0,7240 | 0,8055 | 0,7830 | 0,7899 | 0,7884 | 0,7890 | „            |
| $\xi_3$ {   | —            | —      | —      | 0,1964 | 0,1960 | 0,1962 | 0,1960 | „            |
|             | —            | —      | —      | 0,8036 | 0,7850 | 0,7897 | 0,7880 | „            |
| $\xi_4$ {   | —            | —      | —      | —      | —      | 0,2153 | 0,2150 | „            |
|             | —            | —      | —      | —      | —      | 0,7847 | 0,7900 | „            |

- gdzie:  $M_1, M_2$  . . . . . momenty nad podporami  
 $M_1 \text{ max.}, M_2 \text{ max}$  największe momenty w poszczególnych przęsłach  
 $T_0, T_1$  . . . . . odpór podpór  
 $x_1, x_2$  . . . . . odległość punktów belki w których wyjawniają się  $M_1 \text{ max.}, M_2 \text{ max.}$  od najbliższej lewej opory.  
 $\xi_1, \xi_2$  . . . . . odległość punktów przegięcia linii sprężystej od najbliższej lewej podpory.  
 $l$  . . . . . długość poszczególnych rozpiętości.  
 $q$  . . . . . obciążenie równostajnie rozłożone na jednostkę długości.

W tabeli obliczenie podane tylko dla połowy belki, ponieważ belka na całej długości obciążona jest jednakowo.



rys. 127

Dla belki położonej swobodnie na trzech podporach i obciążonej równostajnie przez  $q$ , obciążenie może być powiększone w  $1\frac{1}{2}$  razy w wypadku kiedy środkowa podpora (rys. 127) zostanie umieszczona

niziej od skrajnych na wielkość  $\underline{\delta} = 0,0131 \frac{q l^3}{E \cdot J}$ .

**γ. Belki położone na jednakowo wysokich podporach** (o jednym poziomie), postawionych w równych odległościach jedna od drugiej, a poddane działaniu stałego i czasowego obciążenia równostajnie rozłożonego:

$l$  — rozpiętość.

$Q = q l$  — obciążenie stałe jednego przęsła.

$P = pl$  — obciążenie czasowe (pożyteczne).

**Uwaga:** Patrz tabelę Winklera (str. 217, 218 i 219).

## 1. Belka na trzech podporach.

$$M_1 = W \cdot k = \frac{l}{8} (Q + P) = \frac{(p + q) l^2}{8} = 0,125 (p + q) l^2$$

$$T_0 \text{ max} = \frac{1}{8} Q + \frac{7}{16} P = 0,375 q l + 0,4375 p l$$

$$T_0 \text{ min} = \frac{1}{8} Q - \frac{7}{16} P = 0,375 q l - 0,4375 p l$$

$$T_1 \text{ max} = \frac{1}{4} (Q + P) = 1,25 (q + p) l$$

Przy  $P > 6 Q$  należy obliczać  $T_0 \text{ min.}$ , a koniec belki umocować aby nie mógł się podnosić.

## 2. Belka na czterech podporach.

$$M = W \cdot k = \frac{1}{10} Q l + \frac{7}{60} P l = 0,1 q l^2 + 0,11667 p l^2$$

$$\text{max} = \frac{1}{20} (8 \cdot Q + 9 \cdot P) = 0,4 q l + 0,45 p l$$

$$T_0 \text{ min.} = \frac{1}{20} (8 Q - 9 P) = 0,4 q l - 0,45 p l$$

$$T_1 \text{ max} = \frac{1}{10} (11 \cdot Q + 12 P) = 1,1 q l + 1,2 p l$$

$$T_1 \text{ min} = \frac{1}{10} (11 Q - 12 P) = 1,1 q l - 1,2 p l$$

Wartość  $T_0 \text{ min.}$  i  $T_1 \text{ min.}$  biorą się w rachubę przy  $P > 8 Q$  i  $P > 11 Q$ .

## 8. TABELA № 57 — WINKLERA

dla belek wieloprzęsłowych przy jednakowych rozpięciach.

## 1. Trzy podpory — dwa przęsła.

| Siły przecinające                 |         |          |           | M o m e n t y |                   |                   |                   |
|-----------------------------------|---------|----------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| x/l                               | Wpływ q | Wpływ p  |           | x/l           | Wpływ q           | Wpływ p           |                   |
|                                   | V       | max (+V) | max. (-V) |               | M                 | max. (-M)         | max. (+M)         |
|                                   |         | +        | -         |               |                   | -                 | +                 |
| 0                                 | +0,375  | 0,4375   | 0,0625    | 0             | 0                 | 0                 | 0                 |
| 0,1                               | +0,275  | 0,3437   | 0,0687    | 0,1           | +0,0325           | 0,00625           | 0,03875           |
| 0,2                               | +0,175  | 0,2624   | 0,0874    | 0,2           | +0,0550           | 0,01250           | 0,06750           |
| 0,3                               | +0,075  | 0,1932   | 0,1182    | 0,3           | +0,0675           | 0,01875           | 0,08625           |
| 0,375                             | 0       | 0,1491   | 0,1491    | 0,4           | +0,0700           | 0,02500           | 0,09500           |
| 0,4                               | -0,025  | 0,1359   | 0,1609    | 0,5           | +0,0625           | 0,03125           | 0,09375           |
| 0,5                               | -0,125  | 0,0898   | 0,2148    | 0,6           | -0,0450           | 0,03750           | 0,08250           |
| 0,6                               | -0,225  | 0,0544   | 0,2794    | 0,7           | +0,0175           | 0,04375           | 0,06125           |
| 0,7                               | -0,325  | 0,0287   | 0,3537    | 0,75          | 0                 | 0,04688           | 0,04688           |
| 0,8                               | -0,425  | 0,0119   | 0,4369    | 0,8           | -0,0200           | 0,05000           | 0,03000           |
| 0,9                               | -0,525  | 0,0027   | 0,5277    | 0,85          | -0,0425           | 0,05773           | 0,01523           |
| 1,0                               | -0,625  | 0        | 0,6250    | 0,9           | -0,0675           | 0,07361           | 0,00611           |
|                                   | • ql    | • pl     | • pl      | 0,95          | -0,0950           | 0,09638           | 0,00138           |
|                                   |         |          |           | 1,00          | -0,1250           | 0,12500           | 0                 |
| Odpór—podpór:                     |         |          |           |               | • ql <sup>2</sup> | • pl <sup>2</sup> | • pl <sup>2</sup> |
| max. T <sub>0</sub> =0,3750 ql+   |         |          |           |               |                   |                   |                   |
| +0,4375 pl.                       |         |          |           |               |                   |                   |                   |
| max. T <sub>1</sub> =1,25 (q+p) l |         |          |           |               |                   |                   |                   |

## 2. Cztery podpory — trzy przęsła.

| I przęs.                                                                                                                |      | +      | -      | I przęs.  |                   | -                 | +                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0                                                                                                                       | +0,4 | 0,4500 | 0,0500 | 0         | 0                 | 0                 | 0,                |
| 0,1                                                                                                                     | +0,3 | 0,3560 | 0,0563 | 0,1       | +0,035            | 0,005             | 0,040             |
| 0,2                                                                                                                     | +0,2 | 0,2752 | 0,0752 | 0,2       | +0,060            | 0,010             | 0,070             |
| 0,3                                                                                                                     | +0,1 | 0,2065 | 0,1065 | 0,3       | +0,075            | 0,015             | 0,090             |
| 0,4                                                                                                                     | 0    | 0,1496 | 0,1496 | 0,4       | +0,080            | 0,020             | 0,100             |
| 0,5                                                                                                                     | -0,1 | 0,1042 | 0,2042 | 0,5       | +0,075            | 0,025             | 0,100             |
| 0,6                                                                                                                     | -0,2 | 0,0694 | 0,2694 | 0,6       | +0,060            | 0,030             | 0,090             |
| 0,7                                                                                                                     | -0,3 | 0,0443 | 0,3443 | 0,7       | +0,035            | 0,035             | 0,070             |
| 0,8                                                                                                                     | -0,4 | 0,0280 | 0,4280 | 0,8       | 0                 | 0,04022           | 0,04022           |
| 0,9                                                                                                                     | -0,5 | 0,0193 | 0,5193 | 0,85      | -0,02125          | 0,04898           | 0,02773           |
| 1,0                                                                                                                     | -0,6 | 0,0167 | 0,6167 | 0,9       | -0,04500          | 0,06542           | 0,02042           |
| II przęs.                                                                                                               |      |        |        | 0,95      | -0,07125          | 0,08831           | 0,01706           |
| 0                                                                                                                       | +0,5 | 0,5833 | 0,0833 | 1,00      | -0,10000          | 0,11667           | 0,01667           |
| 0,1                                                                                                                     | +0,4 | 0,4870 | 0,0870 | II przęs. |                   |                   |                   |
| 0,2                                                                                                                     | +0,3 | 0,3991 | 0,0991 | 0         | -0,10000          | 0,11667           | 0,01667           |
| 0,3                                                                                                                     | +0,2 | 0,3210 | 0,1210 | 0,05      | -0,07625          | 0,09033           | 0,01408           |
| 0,4                                                                                                                     | +0,1 | 0,2537 | 0,1537 | 0,1       | -0,05500          | 0,07014           | 0,01514           |
| 0,5                                                                                                                     | 0    | 0,1979 | 0,1979 | 0,15      | -0,03625          | 0,05578           | 0,02053           |
| • ql                                                                                                                    | • pl | • pl   |        | 0,20      | -0,020            | 0,050             | 0,030             |
| <b>Odpór podpór:</b><br>$T_{\max} = 0,40 \text{ ql} + 0,45 \text{ pl}$<br>$T_{1\max} = 1,1 \text{ ql} + 1,2 \text{ pl}$ |      |        |        | 0,2764    | 0                 | 0,050             | 0,050             |
|                                                                                                                         |      |        |        | 0,3       | +0,005            | 0,050             | 0,055             |
|                                                                                                                         |      |        |        | 0,4       | +0,020            | 0,050             | 0,070             |
|                                                                                                                         |      |        |        | 0,5       | +0,025            | 0,050             | 0,075             |
|                                                                                                                         |      |        |        |           | • ql <sup>2</sup> | • pl <sup>2</sup> | • pl <sup>2</sup> |
|                                                                                                                         |      |        |        |           |                   |                   |                   |

## 3. Pięć podpór — cztery przęsła.

| I Przęs.                                                |          |        |        | I Przęs.  |           |         |         |
|---------------------------------------------------------|----------|--------|--------|-----------|-----------|---------|---------|
|                                                         |          | +      | —      |           |           | —       | +       |
| 0                                                       | + 0,3929 | 0,4464 | 0,0535 | 0         | 0         | 0       | 0       |
| 0,1                                                     | + 0,2929 | 0,3528 | 0,0599 | 0,1       | + 0,03429 | 0,00536 | 0,03964 |
| 0,2                                                     | + 0,1929 | 0,2717 | 0,0788 | 0,2       | + 0,05857 | 0,01071 | 0,06929 |
| 0,3                                                     | + 0,0929 | 0,2029 | 0,1101 | 0,3       | + 0,07286 | 0,01607 | 0,08893 |
| 0,3929                                                  | 0        | 0,1498 | 0,1498 | 0,4       | + 0,07714 | 0,02143 | 0,09857 |
| 0,4                                                     | — 0,0071 | 0,1461 | 0,1533 | 0,5       | + 0,07143 | 0,02679 | 0,09822 |
| 0,5                                                     | — 0,1071 | 0,1007 | 0,2079 | 0,6       | + 0,05572 | 0,03214 | 0,08786 |
| 0,6                                                     | — 0,2071 | 0,0660 | 0,2731 | 0,7       | + 0,03000 | 0,03750 | 0,06750 |
| 0,7                                                     | — 0,3071 | 0,0410 | 0,3481 | 0,7857    | 0         | 0,04209 | 0,04209 |
| 0,8                                                     | — 0,4071 | 0,0247 | 0,4319 | 0,8       | — 0,00571 | 0,01309 | 0,08738 |
| 0,9                                                     | — 0,5071 | 0,0160 | 0,5231 | 0,85      | — 0,02732 | 0,05216 | 0,02484 |
| 1,0                                                     | — 0,6071 | 0,0134 | 0,6205 | 0,9       | — 0,05143 | 0,06772 | 0,01629 |
| II Przęs.                                               |          |        |        | 0,95      | — 0,07803 | 0,09197 | 0,01393 |
| 0                                                       | + 0,5357 | 0,6027 | 0,0670 | 1,0       | — 0,10714 | 0,12054 | 0,01340 |
| 0,1                                                     | + 0,4357 | 0,5064 | 0,0707 | II Przęs. |           |         |         |
| 0,2                                                     | + 0,3357 | 0,4187 | 0,0830 | 0,        | — 0,10714 | 0,12054 | 0,01340 |
| 0,3                                                     | + 0,2357 | 0,3410 | 0,1153 | 0,05      | — 0,08160 | 0,09323 | 0,01163 |
| 0,4                                                     | + 0,1357 | 0,2742 | 0,1385 | 0,1       | — 0,05857 | 0,07212 | 0,01455 |
| 0,5                                                     | + 0,0357 | 0,2190 | 0,1933 | 0,15      | — 0,03803 | 0,06340 | 0,02537 |
| 0,5357                                                  | 0        | 0,2028 | 0,2028 | 0,2       | — 0,02000 | 0,05000 | 0,03000 |
| 0,6                                                     | — 0,0643 | 0,1755 | 0,2398 | 0,2661    | 0         | 0,04882 | 0,04882 |
| 0,7                                                     | — 0,1643 | 0,1435 | 0,3078 | 0,3       | + 0,00857 | 0,04821 | 0,05678 |
| 0,8                                                     | — 0,2643 | 0,1222 | 0,3865 | 0,4       | + 0,02714 | 0,04643 | 0,07357 |
| 0,9                                                     | — 0,3643 | 0,1106 | 0,4749 | 0,5       | + 0,03572 | 0,04464 | 0,08036 |
| 1,0                                                     | — 0,4643 | 0,1071 | 0,5714 | 0,6       | + 0,03429 | 0,04286 | 0,07715 |
|                                                         | • q l.   | • p l. | • p l. | 0,7       | + 0,02286 | 0,04107 | 0,06393 |
| Odpór podpór:                                           |          |        |        | 0,8       | + 0,00143 | 0,04027 | 0,04170 |
|                                                         |          |        |        | 0,8053    | 0         | 0,04092 | 0,04092 |
| $T_{0 \max} = 0,3929 \text{ q l} + 0,4464 \text{ p l};$ |          |        |        | 0,85      | — 0,01303 | 0,04754 | 0,03451 |
| $T_{1 \max} = 1,1428 \text{ q l} + 1,2232 \text{ p l};$ |          |        |        | 0,9       | — 0,03000 | 0,06105 | 0,03105 |
| $T_{2 \max} = 0,9286 \text{ q l} + 1,1428 \text{ p l}.$ |          |        |        | 0,95      | — 0,04947 | 0,08120 | 0,03173 |
|                                                         |          |        |        | 1,        | — 0,07143 | 0,10714 | 0,03571 |
|                                                         |          |        |        |           | • q l     | • p l   | • p l   |



### σ. Belka na trzech podporach.

1.  $l_1$  i  $l_2$  — rozpiętości;  $q_1$  i  $q_2$  — obciążenie stałe (patrz równanie Bertot'a str. — 213 i tabl. Winkler'a)

$$M_0 = M_2 = 0; M_1 = - \frac{q_1 l_1^3 + q_2 l_2^3}{8 (l_1 + l_2)}$$

$$T_0 = \frac{q_1 l_1}{2} + \frac{M_1}{l_1}; T_1 = \frac{q_1 l_1}{2} + \frac{q_2 l_2}{2} - M_1 \frac{l_1 + l_2}{l_1 l_2}$$

2. Przy  $l_1 = l_2 = l$  oraz  $q_1 = q_2 = q$

$$M_0 = M_2 = 0; M_1 = - \frac{q l^2}{8};$$

$$M_{\max} = \frac{9}{128} \cdot q l^2 \text{ przy } x = \frac{1}{4} l; M = 0 \text{ przy } x = \frac{1}{4} l$$

$$T_0 = \frac{1}{8} q l; T_1 = \frac{10}{8} q l$$

3. Przy jednakowych ciężarach skupionych  $P$  umieszczonych po środku przęsła ( $l_1 = l_2 = l$ ):  $M_0 = M_2 = 0$ ;  
 $M_1 = - \frac{1}{4} P l$ ;  $M_{\max} = \frac{1}{12} P l$

$$M = 0 \text{ przy } x = \frac{1}{11} l$$

$$T_0 = \frac{1}{16} P; T_1 = \frac{7}{16} P$$

4. Przęsła  $l_1 = l_2 = l$ ; obciążenie stałe  $= q$ ; obciążenie pożyteczne  $= p$ . Momenty, siły przecinające i odpory podpór — podane w tabl. Winkler'a.

### ω. Belka na 4-ch podporach.

$l_1 = l_2 = l_3 = l$ ; patrz tabl. Winkler'a.

Jeżeli przęsła belki wieloprzęsłowej (ciągłej) nie są zadane, to najdogodniej umieszczać podpory w takiej odległości jedna od drugiej, by momenty pośrodku przęseł były jednakowe; dla belki 4-podporowej przy jednakowych przęsłach skrajnych, stosunek długości skrajnego przęsła do długości przęsła średniego t.j.  $l_1 : l_2$  w przybliżeniu  $= 0,8$ ; dokładna wartość powyższego stosunku określa się w zależności od wielkości stosunku obciążenia ogólnego,  $q + p$ , do obciążenia stałego  $q$ .

## 14. Wytrzymałość na wyboczenie.

Oznaczenia (rys. 128):

$P$  — ciśnienie dozwolone kg.

$E$  — współczynnik sprężystości materiału

$J$  — najmniejszy moment bezwładności przekroju poprzecznego  $\text{cm}^4$

$d$  — średnica w przypadku przekroju kołowego  $\text{cm}$ .

$h$  — najmniejszy bok przekroju prostokątnego  $\text{cm}$ .

$n$  — współczynnik bezpieczeństwa.

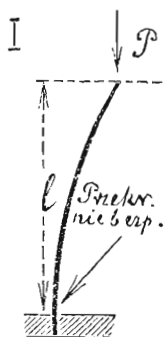
$l$  — długość belki  $\text{cm}$ .

dla żelaza  $n =$  od 4 do 5.

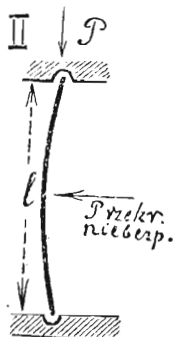
dla żelaza lanego  $n =$  od 5 do 6.

dla drzewa  $n =$  od 10 do 12.

Sposoby osadzenia



Rys. 128.



Rys. 128.

Ciśnienie do-  
zwolone

$$P = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{4 n l^2}$$

$$P = \frac{\pi^2 E \cdot J}{n l^2}$$

Żelazo . . .

12 d

14 h

24 d

28 h

Żelazo lane.

5 d

5,75 h

10 d

11,5 h

Drzewo . .

6 d

7 h

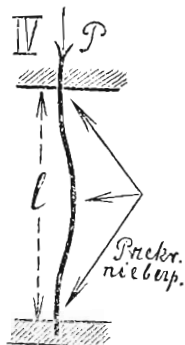
11,5 d

13,5 h

Sposoby osadzenia



Rys. 123.



Rys. 128.

Ciężnienie do-  
zwolone

$$P = \frac{2 \pi^2 E \cdot J}{n l^2}$$

$$P = \frac{4 \pi^2 E \cdot J}{n l^2}$$

Żelazo . . .

33 d

38 h

48 d

56 h

Żelazo lane.

14 d

16 h

20 d

23 h

Drzewo . .

16 d

19 h

23 d

27 h

Obciążenie dozwolone określone według powyżej podanych wzorów nie powinno być większe od obciążenia bezpiecznego dozwolonego przy ściskaniu zwykłym, co winno być sprawdzone, posługując się wzorem:

$P = F \cdot k$ ; gdzie  $F$  — pole przekroju,

$k$ , — natężenie dozwolone przy ściskaniu zwykłym

Według doświadczeń Tetmayer'a, wzór Euler'a (przy-  
pad. II, rys. 128) może być stosowany:

dla stojaków z drzewa przy  $l:i \geq 100$

„ „ z żelaza lanego przy  $l:i \geq 80$

„ „ z żelaza kutego przy  $l:i \geq 112$

„ „ z żelaza zlewnego przy  $l:i \geq 105$

gdzie  $i$  — najmniejszy promień bezwładności przekroju:  
 $i = \sqrt{J:F}$ .

### Wartość współczynnika zmniejszenia natężeń zasadniczych.

Natężenie dozwolone:  $P = \varphi \cdot k_1 \cdot F$ ; wartości  $\varphi$ :

1. według Tetmayer'a:

#### Stojaki z drzewa.

| O k r ą g ł e |          |       |       |       | P r o s t o k ą t n e |              |       |       |       |
|---------------|----------|-------|-------|-------|-----------------------|--------------|-------|-------|-------|
| $l:d =$       | 10       | 20    | 35    | 45    | $l:b =$               | 10           | 20    | 35    | 45    |
| $\varphi =$   | 0,769    | 0,492 | 0,180 | 0,108 | $\varphi =$           | 0,806        | 0,566 | 0,239 | 0,145 |
| $d$           | średnica |       |       |       | $b$                   | bok mniejszy |       |       |       |

#### Stojaki z żelaza łanego (odlew poziomy).

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $l:i =$     | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    |
| $\varphi =$ | 0,827 | 0,696 | 0,580 | 0,476 | 0,385 | 0,308 | 0,244 | 0,193 |

#### Stojaki z żelaza kutego.

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $l:i =$     | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   | 110   |
| $\varphi =$ | 0,829 | 0,792 | 0,755 | 0,718 | 0,681 | 0,644 | 0,607 | 0,570 | 0,533 | 0,496 | 0,450 |

#### Stojaki z żelaza zlewnego.

|             |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $l:i =$     | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    |
| $\varphi =$ | 0,786 | 0,756 | 0,726 | 0,696 | 0,666 | 0,636 | 0,606 | 0,576 |

2. Według Navier-Rankine'a:

$k_1$  — natężenie dozwolone przy ściskaniu zwykłym

$k_2$  — natężenie dozwolone przy ściskaniu stojaka długiego.

$l$  — długość stojaka

$\omega$  — pole przekroju poprzecznego

$J$  — najmn. moment bezwładności przekroju poprzecznego stojaka

$i = \sqrt{J : \omega}$  — promień bezwładności przekroju

$\varphi$  — współczynnik zmniejszenia natężenia zasadnicz.

$k_2 = \varphi k_1$

Dla wypadku II (rys. 128).

$$\varphi = \frac{1}{1 + \mu \frac{l^2}{J}} = \frac{1}{1 + \mu \left(\frac{l}{i}\right)^2} \text{ gdzie}$$

$\mu$  — dla drzewa; według Winkler'a 0,0003, według Schnebler'a — 0,0002; dla żelaza łanego: według Schneblera — 0,00025, według Szarowskija — 0,0002, według Bauschinger'a dla kolumn odlanych poziomo — 0,0006, — pionowo — 0,00022; dla żelaza: według Schneblera — 0,00008 — 0,0001.

## 15. Kolumny z żelaza łanego.

Zwykły stosunek pomiędzy średnicą  $D$ , a wysokością  $l$  kolumny z żelaza łanego = :

a) dla pomieszczeń mieszkalnych  $1/20$ ,

b) dla pomieszczeń w gmachach publicznych —  $1/15$ ,

c) dla składnic i fabryk przy maszynach lekkich  $1/12$ ; dla fabryk z ciężkimi maszynami, oraz w wypadkach kiedy gmachy w czasie pracy maszyn podlegają wstrząśnięciom —  $1/10$ .

Groty do kolumn:

bok podstawy kwadratowej  $b = \sqrt{P : k}$ , gdzie  $P$  — obciążenie,  $k$  — ciśnienie dozwolone, na przykład:

dla muru z kamienia łanego na zaprawie wapiennej  $k = 5 \text{ kg./cm}^2$ ;

dla muru z cegły na zaprawie wapiennej  $k = 7 \text{ kg./cm}^2$ ;

dla muru z cegły na zaprawie cementowej (w zależności od jakości zapr.)  $k = 10 \text{ do } 14 \text{ kg./cm}^2$ ;

dla piaskowca  $k = 20 \text{ kg./cm}^2$ :

dla granitu  $k = 40 \text{ kg./cm}^2$ .

Ilość żeber w grocie: przy  $P = 10000 \text{ kg.}$  — 4 szt.  
 przy  $P = 30000 \text{ kg.}$  — 8 szt., przy  $P = 120000 \text{ kg.}$  — 12 szt.,  
 przy  $P > 120000 \text{ kg.}$  — 16 szt.

Grubość płyty i grubość zebra  $e =$  :

dla żelaza lanego  $e = \text{min. } 2 \text{ cm.}; \text{ max. } 5 \text{ cm.}$

dla żelaza  $e = \text{min. } 1 \text{ cm.}, \text{ max. } 3 \text{ cm.}$

## 16. Wytrzymałość przy kręceniu.

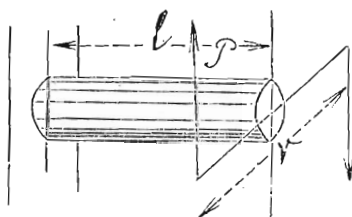
Oznaczenia:

$G$  — współczynnik sprężystości przy przecinaniu

$P$  — siła zewnętrzna kręcąca  $\text{kg.}$

$J$  — ramię działania siły  $P$  w kierunku prostopadłym do osi kręcenia w  $\text{cm.}$

$J_p = J_1 + J_2$  — odpowiadający osi wału biegunalny moment bezwładności przekroju wału, prostopadłego do jego osi;  $J_1$  i  $J_2$  — równikowe momenty bezwładności przekroju wału, odpowiadające osiom przeprowadzonym przez środek ciężkości i w płaszczyźnie przekroju wału.



Rys. 129.

$a$  — bok przekroju kwadratowego w  $\text{cm.}$

$b$  i  $h$  — szerokość i wysokość przekroju prostokątnego lub mała i duża oś przekroju eliptycznego w  $\text{cm.}$

$d$  — średnica przekroju kołowego w  $\text{cm.}$

$\tau_k$  — natężenie dozwolone na kręcenie

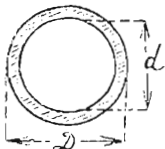
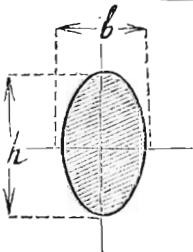
w  $\text{kg./cm}^2$ : dla żelaza od 120 do 360  $\text{kg./cm}^2$ , dla stali od

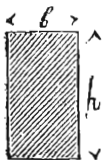
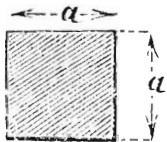
200 do 600 kg./cm.<sup>2</sup>, w zależności od obciążenia, — czy stałe, czy wahające się

$l$  — długość wału skręcanego

$\varphi$  — kąt kręcenia na długości  $l$ .

### α. Obciążenie bezpieczne.

| Przekrój                                                                                            | Moment kręcenia                                       | Wytrzymałość na kręcenie żelaza lanego                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Rys. 130.</p>  | $P.r = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \tau_k}{16}$         | <p>Jak wytrzymałość na rozciąg.</p>                                                                                                                                                                                                         |
|  <p>Rys. 131.</p> | $P.r = \frac{\pi \cdot D^3 - d^3}{16} \cdot \tau_k$   | <p>Wartość współczynnika zależy od stosunku <math>d:D</math>.<br/>W miarę jak wartości stosunku tego dążą do zera, współczynnik powiększa się do 1; spóśc. na wartość 0,8 przy <math>d:D = 0,7</math>.<br/>0,8 wytrzymałość na rozciąg.</p> |
|  <p>Rys. 132.</p> | $P.r = \frac{\pi \cdot b^3 \cdot h \cdot \tau_k}{16}$ | <p>Od 1 do 1,25 wytrzymałość, na rozciąg. Wartość współczynnika powinna być tym mniejsza i tym bliżej dążyć do najmniejszej granicy im przekrój eliptyczny więcej przybliża się do kołowego.</p>                                            |

| Przekrój                                                                                       | Moment kręcenia                        | Wytrzymałość na kręcenie żelazalanego      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| <br>Rys. 133. | $P \cdot r = \frac{1}{2} b^2 h \tau_k$ | od 1,4 do 1,6 wytrzymałości na rozciąganie |
| <br>Rys. 134. | $P \cdot r = \frac{1}{2} a^3 \tau_k$   | od 1,4 do 1,6 wytr. na rozciąganie.        |

### 3. Kąt kręcenia.

Kąt kręcenia  $\varphi$  określa się według wzoru:

$$\varphi = \alpha \cdot \frac{P \cdot r}{\frac{4 J_1 J_2}{J_1 + J_2} \cdot G} \quad / \quad \text{gdzie}$$

$\alpha = 1$  dla przekroju kołowego

$\alpha = 1,2$  — dla przekr. kwadratowego i eliptycznego

$\alpha = 1,2$  do 1,5 dla przekr. prostokątn. podługowatego.

| Przekrój                   | Kąt kręcenia $\varphi$ przy podanym:                                                       |                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                            | momencie kręcenia $P \cdot r$                                                              | natężeniu $\tau_k$                               |
| Rys. 136<br>patrz rys 130. | $\varphi = \frac{P \cdot r}{G \cdot J_p}$ $= \frac{32}{\pi} \frac{P \cdot r}{d^4 \cdot G}$ | $\varphi = 2 \frac{\tau_k}{G} \cdot \frac{l}{d}$ |



| Przekrój                    | Kąt kręcenia $\varphi$ przy podanym:                                                                     |                                                                                                 |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | momencie<br>kręcenia $P_r$                                                                               | natężeniu $\tau_k$                                                                              |
| Rys. 137<br>patrz rys. 131. | $\varphi = \frac{P_r \cdot l}{G \cdot J_p} =$ $= \frac{32}{\pi (D^4 - d^4)} \cdot \frac{P_r \cdot l}{G}$ | $\varphi = 2 \frac{\tau_k \cdot l}{G \cdot D}$                                                  |
| Rys. 138<br>patrz rys. 132. | $\varphi = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{b + h^2}{b^3 \cdot h^3} \cdot \frac{P_r \cdot l}{G}$               | $\varphi = \frac{b^2 + h^2}{b \cdot h^2} \cdot \frac{\tau_k \cdot l}{G}$                        |
| Rys. 139<br>patrz rys. 133. | $\varphi = 3 \alpha \cdot \frac{b^2 + h^2}{b^3 \cdot h^3} \cdot \frac{P_r \cdot l}{G}$                   | $\varphi = \frac{2 \alpha}{3} \cdot \frac{b^2 + h^2}{b \cdot h} \cdot \frac{l \cdot \tau_k}{G}$ |

| Przekrój                   | Kąt kręcenia $\varphi$ przy podanym                         |                                                          |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                            | momencie<br>kręcenia $\tau_k$                               | natężeniu $\tau_k$                                       |
| Rys 140<br>patrz rys. 134. | $\varphi = 7,2 \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{P \cdot r}{G}$ | $\varphi = 1,6 \cdot \frac{\tau_k}{G} \cdot \frac{l}{a}$ |

## 17. Wytrzymałość naczyń cylindrycznych.

$\alpha$ . Walec znajduje się pod ciśnieniem wewnętrznym  $p$  kg./cm.<sup>2</sup>:

$r_1$  — promień wewnętrzny cm.

$r_2$  — promień zewnętrzny cm.

$k$  — natężenie dozwolone na rozciąganie w kg/cm.<sup>2</sup>

$k_1$  — natężenie dozwolone na ściskanie w kg/cm.<sup>2</sup>

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{k + 0,4 p}{k - 1,3 p}}; \quad p \leq 0,77 k.$$

Przy niewielkiej grubości ścianki  $s = r_2 - r_1$  stosunkowo do długości promienia można przyjąć  $s = r_1 \frac{p}{k}$ .

W razie osłabienia ścianki przez nitowania, osłabienie to stosownie do wielkości dziurek, winno być wzięte pod uwagę.

$\beta$  Walec znajduje się pod ciśnieniem zewnętrznym  $P$  kg./cm.<sup>2</sup>, wklęsłości wykluczone:

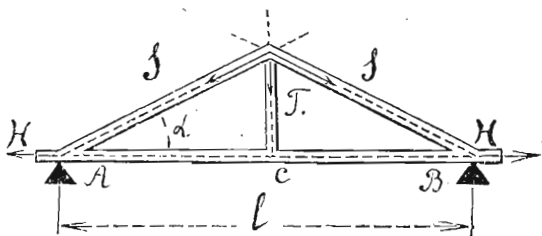
$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{k_1}{k_1 - 1,7 P}}; \quad P \leq 0,59 k_1$$

Przy niewielkiej grubości ścianki można przyjąć  $s = r_1 \frac{P}{k_1}$ .

## f. Obliczenie wiązań dachowych.

## 1. Wiązania z drzewa:

α. Wiązania dachowe wiszące zwykle (wieszar jednostorczykowy) rys. 141: belka swobodna AB równo-



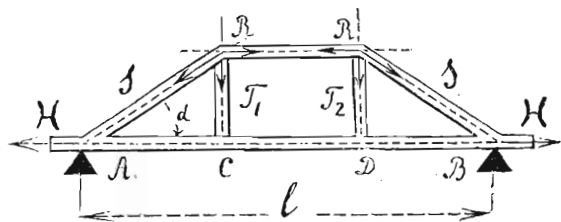
rys. 141.

miennie obciążona przez siłę  $q l = Q$ ; C — środek belki AB (patrz belki wieloprzęsłowe i tabele — belka na 3-ch podpor.)

$$T_1 = 1,25 \frac{q l}{2} = + \frac{5}{16} Q; S = - \frac{5}{16} \cdot \frac{Q}{\sin \alpha}; H = + \frac{5}{16} \frac{Q}{\tan \alpha}.$$

W wypadku, kiedy wiszący storczyk  $T_1$  obciąża się przez ciężar skupiony P, a równomierne obciążenie przez Q jest nieobecne, wówczas w powyższych wzorach należy  $\frac{5}{16} Q$  zamienić przez P.

β. Wiązanie wiszące podwójne — wieszar dwustorczykowy (rys. 142):



rys. 142

przy obciążeniu  $q l = Q$  równomiernie rozłożonem na AB oraz przy  $AC = CD = BD$ , otrzymamy siły:  $T_1$  (patrz belki wieloprzęsłowe, 4 podpory).

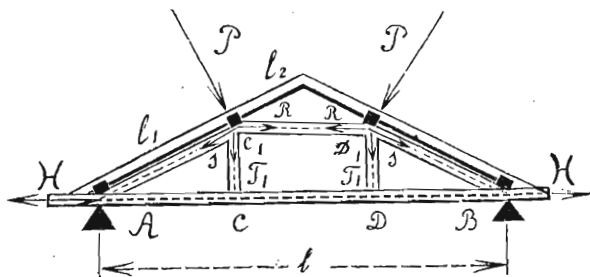
$$T_1 = 1,1 q \frac{l}{3} + \frac{11}{30} \cdot Q;$$

$$S = - \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\operatorname{Sn} \alpha}$$

$$R = - H = - \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Przy obciążeniu każdego storczyka przez ciężar skupiony  $= \frac{1}{2} P$ , a przy  $Q = 0$ , należy w trzech wzorach poprzednich zamienić  $\frac{11}{30} Q$  przez  $\frac{1}{2} P$ . Jeżeli belka główna AB obciążona przez ciężar nierównomiernie rozłożony  $= \Sigma Q$ , to należy środkowy prostokąt umocnić za pomocą 2-ch przekątnych CR i DR.

γ. Dachy na płatkach (rys. 143): belka AB wiązania (ściągница), jest poddana działaniu równomiernie rozłożo-



Rys. 143.

nego obciążenia  $q = Q$ , w punktach zaś C<sub>1</sub> i D<sub>1</sub>, oddaje się ciśnienie od płatew, podtrzymujących n krokwi i oddających na wiązanie ciężar P, prostopadły do płaszczyzny dachu; wysiłki określają się:

$$T_1 = + \frac{11}{30} Q; S = - \frac{1}{\operatorname{Sn} \alpha} \cdot \left( \frac{11}{30} \cdot Q + P \operatorname{Cos} \alpha \right);$$

$$R = - H = - \frac{1}{\operatorname{Sn} \alpha} \left( \frac{11}{30} Q \cdot \operatorname{cos} \alpha + P \right).$$

Krokwie jest właściwie belką wieloprzęsłową na odcinkach której  $l_1$  i  $l_2$ , działa równomiernie rozłożone obciążenie  $P_1 : n$  i  $P_2 : n$ ,

$$P = \frac{P_1 l_1 (4 l_1 + l_2) + P_2 l_2 (4 l_1 + l_2)}{8 l_1 l_2}$$

Przyпускаjąc że na jedną połowę wiązania dachowego działa prostopadle do niego, obciążenie równomierne rozłożone  $= Q_s$ , oraz przyjmując  $l = l_1$ , otrzymamy  $P = \frac{1}{2} Q_s$ .

Jeżeli w wypadku wskazanym na rys. 143 siła  $P$  działa nie prostopadle do krokwi, lecz pionowo, w kierunku  $T_1$ , to natężenia będą:

$$T_1 = + \frac{11}{30} Q + P; S = - \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \left( \frac{11}{30} Q + P \right);$$

$$R = - H = - \frac{1}{\lg \alpha} \left( \frac{11}{30} Q + P \right).$$

δ. Dachy w kształcie trójszczykowe (rys. 144):

$Q$  -- obciążenie równomiernie rozłożone, działające na główne belki wiązania

$Q_1$  -- obciążenie krokwi działające prostopadle do dachu

$$T_2 = 0,9286 \cdot \frac{Q}{4} = \frac{13}{56} Q; T_1 = 1,1428 \cdot \frac{Q}{4} = \frac{2}{7} Q;$$

$$S_1 = - \frac{1}{112 \sin \alpha} [21 Q_1 \cos \alpha_1 + 13 Q];$$

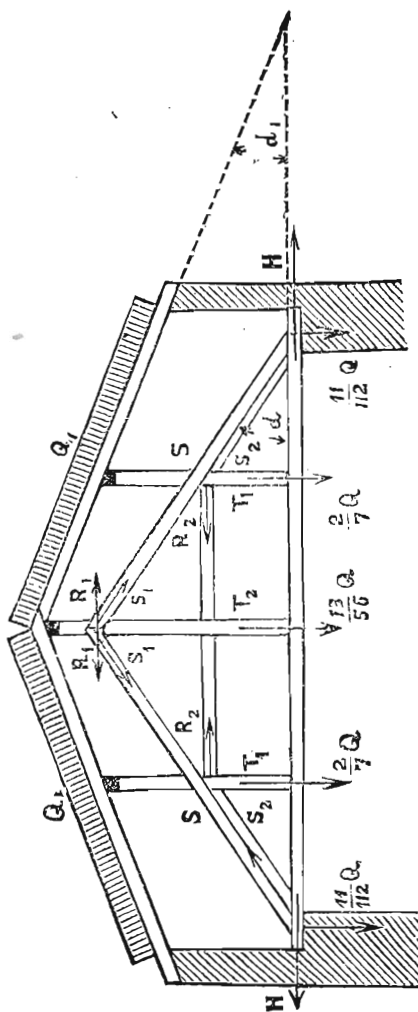
$$S_2 = - \frac{1}{56 \sin \alpha} [35 Q_1 \cos \alpha_1 + 16 Q];$$

$$R_2 = - \frac{1}{56 \lg \alpha} \cdot [35 Q_1 \cos \alpha_1 + 16 Q];$$

$$S = S_1 + S_2 = - \frac{1}{112 \sin \alpha} \cdot [91 Q_1 \cos \alpha_1 + 45 Q];$$

$$H = + \frac{1}{112 \lg \alpha} \cdot [91 Q_1 \cos \alpha_1 + 45 Q];$$

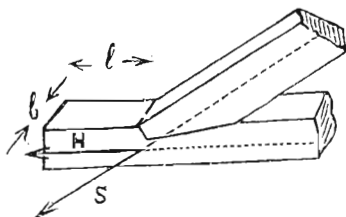
Jakkolwiek wiązania dachowe drewniane sprawdzają się za pomocą obliczenia, praktyczne ich wymiary, dla udogodnienia wciosów wypadają zwykle większe od teoretycznych, a mianowicie: dla jęł i krokwi długości 6 m. używa się budulec 20–25 cm., dla jęł i krokwi długości 8–11 m. używa się budulec 25–30 cm., dla zastrzałów i storczyków używa się budulec 20–25 cm. Bok przekroju krokwi, lub drugiej jakiej części, obciążonych tylko



Rys. 144.

przez wagę własną, winien być nie mniejszy  $\frac{1}{10}$  długości; jęty obciążone przez pewien ciężar winne mieć bok przekroju nie  $< \frac{1}{10}$  długości; mniej więcej na każde 5—5 $\frac{1}{2}$  m. rozpiętości, winien przypadać jeden storczyk wiszący.

g. Sprawdzenie wytrzymałości wciósów (rys. 145):



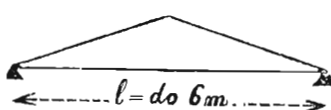
$$l = \frac{H}{\pi \cdot b};$$

na przykład dla sosny

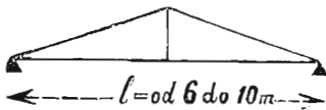
$$l = \frac{H}{10 \cdot b} \text{ cm.}$$

Rys. 145

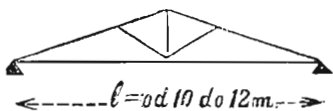
Typy wiązań dachowych drewnianych wiszących w zależności od rozpiętości (rys. 146, 147, 148, 149 i 150):



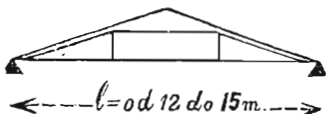
rys. 146



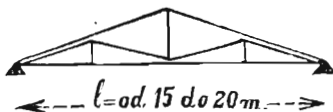
rys. 147



rys. 148



rys. 149



rys. 150

Przy rozpiętościach ponad 20 m. zaleca się stosować wiązania dachowe żelazne.

## 2. Wiązania dachowe żelazne.

a. Wiązanie Polonceau'ego (rys. 151 i 152).

$l$  — rozpiętość w m.

$t$  — odległość pomiędzy wiązaniami w m.

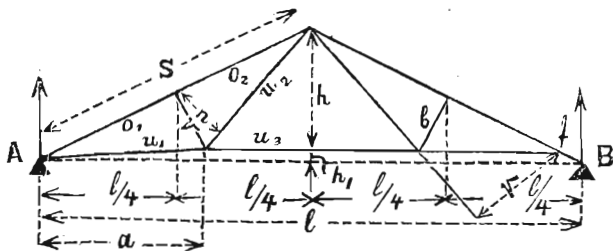
$q$  — ogólna waga dachu (waga własna + parcie wiatru)  $\text{kg./m.}^2$  w rzucie poziomym (patrz str. 173).

Pionowe obciążenie na każde wiązanie będzie:

$$P = l \cdot t \cdot q \text{ kg.}$$

W przykładach niżej podanych natężenia są określone według sposobu Ritter'a, główną podstawą którego służy reguła: dla każdej poszczególniej części systemu w stanie równowagi suma algebraiczna momentów sił zewnętrznych i wewnętrznych (sił odporu) odnośnie do jakiegobądź punktu (bieguna) = 0; nadto przyjmuje się za zasadę: wszystkie siły wyobrażane są za rozciągające, lecz otrzymane wielkości ze znakiem — wskazują ściskanie; wszystkie momenty działające na prawo przyjmuje się ze: znakiem (+), wszystkie momenty działające na lewo ze znakiem (—).

1. Rys. 151 — przy odległości pomiędzy węzłami



rys. 151

górnego pasa wiązania, w rzucie poziomym =  $\frac{1}{4} l$ , to na każdy węzeł wypadnie obciążenie =  $\frac{1}{4} P$  (wszystkie wy-



miary w mtr., siły w kg.):  $O_1 = -\frac{3 P a}{8 b}$ ;  $O_2 = +\frac{P (h+h_1)}{4 \cdot S}$

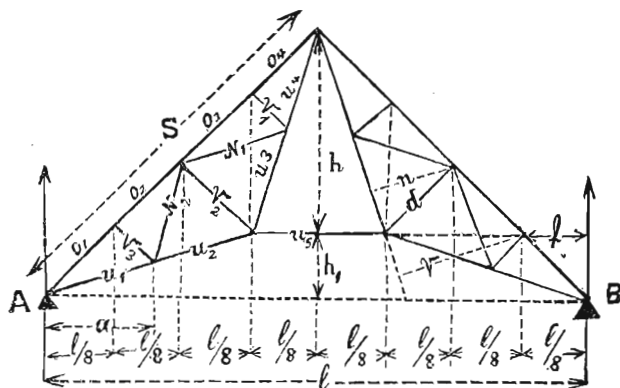
$$U_1 = +\frac{3 P \cdot l}{32 n};$$

$$U_2 = +\frac{P (l+2 f)}{16 \cdot r};$$

$$U_3 = -\frac{P \cdot l}{8 \cdot h};$$

$$V = -\frac{P \cdot l}{8 \cdot S}.$$

2. Rys. 152 — przy odległości pomiędzy węzłami



rys. 152

górnego pasa wiązania, w rzucie poziomym  $= \frac{1}{8} l$ , to na każdy węzeł wypadnie obciążenie  $= \frac{1}{8} P$  (wszystkie wymiary w mtr., siły w kg.)

$$O_1 = -\frac{7 P \cdot a}{8 d}; O_2 = O_1 + \frac{P (h + h_1)}{8 \cdot S};$$

$$O_3 = O_2 + \frac{P (h + h_1)}{8 \cdot S};$$

$$O_4 = O_3 + \frac{P (h + h_1)}{8 \cdot S};$$

$$N_1 = N_2 = \frac{P \cdot l}{64 \cdot n};$$

$$U_1 = 7 N_1; U_2 = 6 N_1; U_3 = \frac{N_1 (2n + r)}{r} + \frac{3 P \cdot f}{16 r}; U_4 = \frac{P (3l + 2f)}{32 r};$$

$$U_5 = \frac{P \cdot l}{8 \cdot h}; v_1 = v_2 = -\frac{P l}{16 \cdot S}; v_3 = 2 v_1$$

Przy  $h_1 = 0$  otrzymujemy:  $f = 0$  i  $r = 2n = h$ , a więc

$$O_1 = -\frac{7 \cdot P \cdot a}{8 \cdot d}; O_2 = O_1 + \frac{P \cdot h}{8 \cdot S}; O_3 = O_2 + \frac{P \cdot h}{8 \cdot S};$$

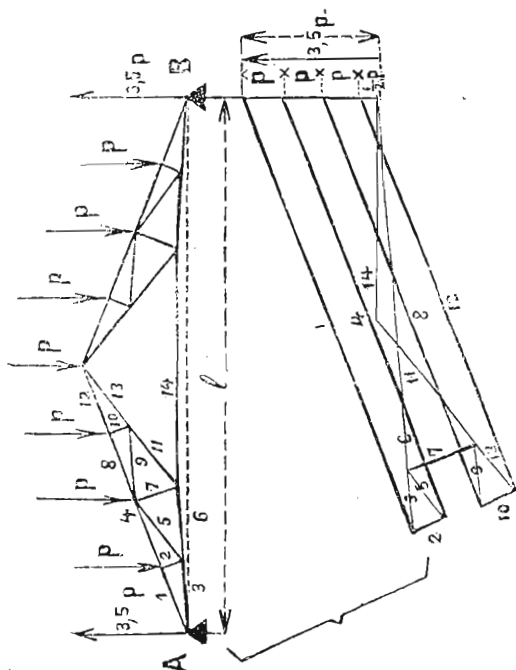
$$O_4 = O_3 + \frac{P \cdot h}{8 \cdot S};$$

$$N_1 = N_2 = \frac{P \cdot l}{32 \cdot h}; U_1 = 7 N_1; U_2 = 6 N_1; U_3 = 2 N_1; U_4 = 3 N_1;$$

$$U_5 = 4 N_1; v_1 = v_2 = -\frac{P \cdot l}{16 \cdot S}; v_3 = 2 v_1.$$

## 3. Graficzne obliczenie wiązań dachowych:

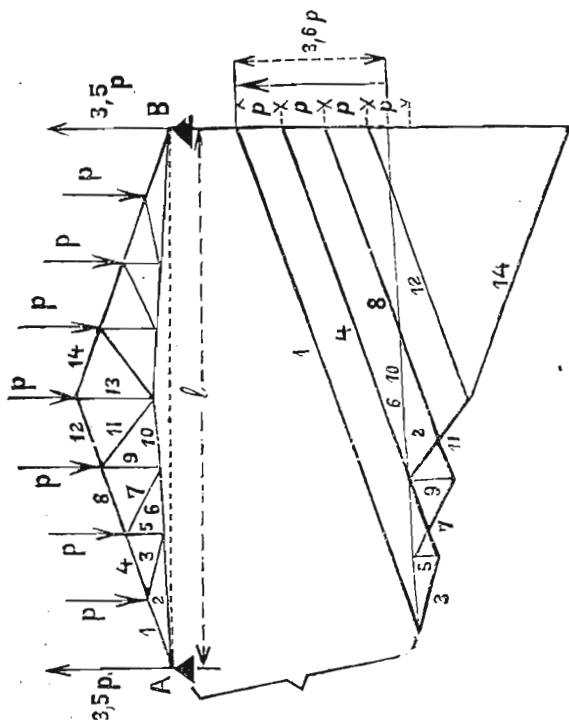
Łatwiejszy od poprzedniego jest wykreślny sposób wyznaczania działających sił (grafostatyka). Wszystkie siły działające na jakikolwiek system materialny, jeżeli są z sobą w równowadze, będąc przedstawione liniami równoległymi i przyczepiane jedna na końcu drugiej, tworzą



Rys. 153.

wielobok zamknięty, a każdy z boków równoległy do siły, wyraża jej wielkość podług przyjętej przy wykreśleniu

skali. W wykresie (rys. 153), linje grube oznaczają siły ściskające, linje zaś cienkie — siły rozciągające.



Rys. 154.

Na rys. 154 podano wykresne obliczenie wiązania dachowego systemu angielskiego.



## g. Parcie ziemi i mury oporowe.

### 1. Siła parcia ziemi.

Oznaczenia:

$E$  — parcie ziemi na mur oporowy 1 m. długi w kg.

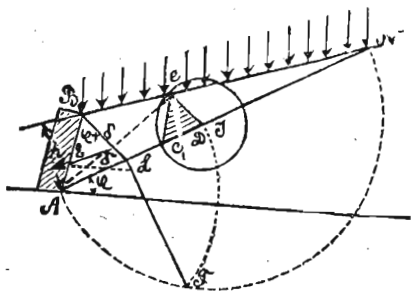
$p$  — obciążenie przypadające na 1 m.<sup>2</sup> nawierzchni ziemi w kg.

$\varphi$  — kąt stoku.

$\delta$  — kąt pomiędzy kierunkiem  $E$  a linią prostopadłą do muru  $AB$  (kąt tarcia).

$\gamma_z$  — waga m<sup>3</sup> ziemi w kg.

Parcie ziemi, działające na powierzchnię muru  $AB$ , usiłujące go przewrócić wzdłuż podszwy nazywają czynnym parciem ziemi. Przeciwnie, kiedy parcie działa na powierzchnię muru z zewnątrz (naprz. ciśnienie wody), to masa ziemi opiera się temu parciu; opór ten w wypadku, jeżeli mur oporowy, a z nim razem ziemia, zaczęła się przesuwać w kierunku działania parcia z zewnątrz, nabywa pewną wielkość nazywaną biernym parciem ziemi. W obu wypadkach ziemia przesuwa się wzdłuż muru, kierunek

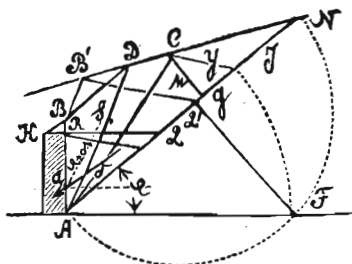


Rys. 156.

czynnego parcia ziemi  $E$  uchyla się od kierunku prostopadłego do powierzchni muru o kąt tarcia  $\delta$  w kierunku do góry, parcie zaś bierne ziemi odchyła się o ten sam kąt w dół (rys. 156.).  $BN$  — nawierzchnia ziemi. Przeprowadzimy (wedł. Rebhan'a)  $AN$  pod kątem stoku  $\varphi$  do poziomu,  $BL$  — pod kątem  $\varphi + \delta$  do  $AB$  i zakreslimy przyj-



## 3. Przypadki różne.



Rys. 158.

α. Napiom wznosi się ponad mur, dodatkowego obciążenia niema (rys. 158).

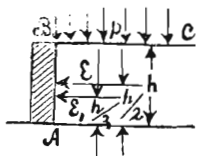
Dla określenia  $\underline{E}$  przedłużamy AR do przecięcia z DK w punkcie B, przeprowadzamy: AN pod kątem  $\varphi$  do pozio-

mu, RL pod kątem  $\varphi + \delta$  do AR, a przez punkt B linię równoległą AD aż do przecięcia z przedłużoną linią ND. Przeciągamy B'L' || RL i zakreślamy półkole przyjmując AN za średnicę; przeprowadzamy L'F  $\perp$  AN (punkt F przypadkowo na linii poziomu AF), odkładamy AJ = AF, następnie przeprowadzamy Jc || LR, Cg  $\perp$  AN, otrzymamy

$$E = \frac{1}{2} \gamma z y^2.$$

Po przeprowadzeniu przez środek ciężkości S czworokąta ABDC linii Sa || Ac otrzymamy w punkcie  $\underline{a}$  mniej więcej dokładnie punkt zaczepienia siły E, wartość  $\delta$  wskazana wyżej w punkcie 2.

β. Mur oporowy AB postawiony pionowo (rys. 159), powierzchnia BC pozioma; parcie ziemi  $\underline{E}$  jest siłą wypadkową następujących 2-ch sił poziomych (tarcie ziemi o ścianę nie jest uwzględnione t. j.  $\delta = 0$ ):



Rys. 159.

$$E_1 = \frac{1}{2} \gamma z h^2 \operatorname{tg}^2 (45^\circ \mp \frac{1}{2} \varphi) -$$

parcie ziemi bez dodatkowego obciążenia powierzchni.

$E_2 = p \cdot h \operatorname{tg}^2 (45^\circ \mp \frac{\varphi}{2})$  — parcie od dodatkowego obciążenia  $\underline{p}$  równomiernie rozłożonego na powierzchni AB; punkty zaczepienia tych sił są wskazane na rysunku.



znak (—) odpowiada parciu czynnemu ziemi, znak (+) zaś biernemu.

Parcie ziemi  $\text{kg./m}^2$  na dowolnej głębokości  $X$  od nawierzchni ziemi =

$$e_1 = \frac{2 \cdot E_1 \cdot x}{h^2} = \gamma_z \cdot x \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ \mp \frac{\varphi}{2} \right) \text{ parcie nieobc. ziemi}$$

$$e_2 = \frac{E_2}{h} = p \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ \mp \frac{\varphi}{2} \right) - \text{parcie dodatkowego obciążenia nawierzchni, przytem}$$

$$\operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1}{\operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)}.$$

$E_1$  można przedstawić jako trójkąt o wysokości  $h$  z wierzchołkiem w punkcie B i z podstawą leżącą na poziomie dołu muru =  $\gamma_z h \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ \mp \frac{\varphi}{2} \right)$  (rys. 159);

$$E_2 \text{ zaś jako prostokąt o wysokości } h \text{ i podstawie } = p \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ \mp \frac{\varphi}{2} \right).$$

Dla ziemi nasypowej  $\varphi = 37^\circ$ , parcie czynne  $E_1 = \frac{1}{4} \gamma_z h^2$ ;  $E_2 = \frac{1}{4} p h$ ; dla parcia biernego  $E'_1 = 2 \gamma_z h^2$ ;  $E'_2 = 4 p h$ .

Przy obliczeniach murów dla komór przepustowych  $\varphi$  przyjmuje się  $= 20^\circ$ , ponieważ w tym wypadku ziemia jest mocno przesiąkniętą wodą i wtedy dla parcia czynnego  $E_1 = \frac{1}{4} \gamma_z h^2$ ;  $E_2 = \frac{1}{2} p h$ ; dla parcia biernego  $E'_1 = \gamma_z h^2$ ;  $E'_2 = 2 p \cdot h$ .

$\gamma$ . Jeżeli nawierzchnia ziemi jest nachyloną do poziomu pod kątem  $\alpha$ , to parcie czynne ziemi działające poziomo (patrz  $\beta$ ):

$$E_1 = \frac{1}{4} \gamma_z h^2 \left[ \frac{\cos \varphi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin (\varphi - \alpha)}{\cos \alpha}}} \right]^2;$$

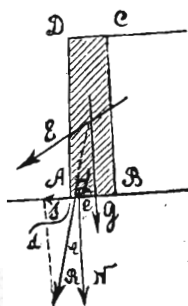
$$E_2 = p \cdot h \cdot \left[ \frac{\cos \varphi}{1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin (\varphi - \alpha)}{\cos \alpha}}} \right]^2;$$

przy parciu biernem  $E'_1$  i  $E'_2$  w powyżej podanych wzorach należy  $\varphi$  zamienić przez  $(- \varphi)$ .

# Średnie wartości $\gamma_z$ i $\varphi$ .

| Rodzaj materiału          | Waga<br>$\gamma_z$<br>kg./m. <sup>3</sup> | Kąt<br>stoku<br>$\varphi$ | $\left(\operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)\right)$ |
|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Ziemia wilgotna (w nasyp) | 1600                                      | 30° do 37°                | 0,333 do 0,249                                                        |
| Gлина sucha . . .         | 1500                                      | 40° do 46°                | 0,217 do 0,163                                                        |
| Gлина mokra . . .         | 1900                                      | 20° do 25°                | 0,490 do 0,406                                                        |
| Piasek, żwir (suche)      | 1500                                      | 39° do 45°                | 0,230 do 0,172                                                        |
| Szaber . . . . .          | 1800                                      | 35° do 40°                | 0,271 do 0,217                                                        |
| Węgiel . . . . .          | 850                                       | 40° do 45°                | 0,217 do 0,172                                                        |
| Woda . . . . .            | 1000                                      | 0° — —                    | 1,000 — —                                                             |
| Kamień polny . .          | 2000                                      | 40° do 45°                | 0,217 do 0,172                                                        |

## 4. Pewność murów oporowych.



rys. 160.

a. Zasady ogólne (rys. 160):

Wypadkową sił, parcia ziemi i wagi ściany  $ABCD = G$  jest siła  $R$ , działająca na podstawę muru  $AB$ ; swoją drogą siła  $R$  jest wypadkową sił  $N$  i  $S$ ; siła  $N \perp$ , a siła  $S \parallel AB$ .

Dla równowagi jest koniecznym, by kąt pomiędzy  $N$  i  $R \leq \varphi$ , przeciętnie 33°—35°, a więc  $S \leq 0,7 N$ .

Wyznaczając przez:

$\gamma_m$  — waga muru kg./m.<sup>3</sup>

$e$  — odległość środka  $AB$  od punktu  $L$  zaczepienia siły  $R$ , w m.

$a$  — odległość punktu  $L$  od punktu  $A$ , w m.

$b$  — długość podstawy  $AB$ , w m.

największe ciśnienie na podstawę  $AB$  będzie:

$$\text{przy } e < \frac{b}{6} \dots k = \frac{N}{b} \left(1 + \frac{6e}{b}\right)$$

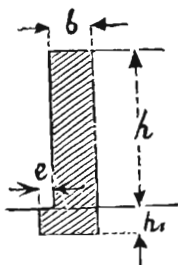
$$\text{przy } e > \frac{b}{6} \dots k = \frac{e}{3} \cdot \frac{N}{a}$$

$k$  — winno być nie większe od:

|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| dla murów zwyczajnych, z kamienia | 50000 kg./m. <sup>2</sup>  |
| „ „ „ z cegły                     | 70000 kg./m. <sup>2</sup>  |
| „ lepszych murów z cegły          | 100000 kg./m. <sup>2</sup> |
| „ najlepszych „ „                 | 120000 kg./m. <sup>2</sup> |
| „ dobrego gruntu                  | 25000 kg./m. <sup>2</sup>  |

β. Mur o przekroju prostokątnym (rys. 161).

Grubość ściany  $b$ , wysokości  $h$ , zależnie od wytrzymałości materiału na ściskanie i przy pozycym naziemiu określa się wzorem: (ważny przy  $e > \frac{b}{6}$ ):



$$b = \sqrt{\frac{h (\gamma_z h + 3p) \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}{\gamma_m \left[ 3 - 4 \frac{\gamma_m}{k} h \right]}}$$

rys. 161.

dla uniknięcia przesuwania się ściany, grubość ściany  $b$  winna być:

$$b = \frac{\gamma_z h + 2p}{2 f \gamma_m} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \text{ gdzie } f \text{ współczynnik tarcia}$$

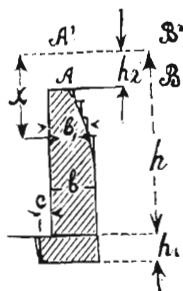
muru po murze = 0,7;

odsadzka fundamentu  $C$  określa się w m.:

$$C = \frac{\gamma_z H^2}{6 \cdot \gamma_m b} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2 \gamma_m b H}{3 k} - \frac{b}{2};$$

$H = h + h_1 + \frac{p}{\gamma_z}$ ;  $h_1$  — głębokość fundamentu, wartości  $k$ ,  $p$ ,  $\gamma_z$  podane wyżej.

7. Mur jak na rys. 162 (dla komór przepustowych).



Rys. 162.

Obciążenie naziomu  $AB = p$ ; obciążenie to może być przedstawione w postaci warstwy ziemi o grubości  $h_2 = p : \gamma_z$ , co na rysunku podane linią poziomą  $A'B'$ . Grubość ściany  $b_1$  w odległości  $x$  od linii  $A'B'$  =

$$b_1 = x \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \sqrt{\frac{\gamma_z (3h - 2x) (k + \gamma_m x - \gamma_m h)}{\gamma_m k (h + 2x) - \gamma_m h (3x + h)}}$$

gdzie  $k$  — ciśnienie bezpieczne na mur  $\text{kg./m.}^2$ . Grubość ściany:

$$b = \frac{\gamma_z h^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}{2 f (h - h_1) \gamma_m}; f = 0,7; C - \text{podano } \S 3.$$

Przy budowie murów oporowych nie zawsze przeprowadzają dokładne obliczenia, często stawiają mury opierając się na wynikach praktyki, a mianowicie: przy budowie murów oporowych o przekroju prostokątnym, grubość ściany  $b \geq$  wysokości ściany. Jeżeli ściana ustawiona do utrzymania wody, grubość ściany = wysokości wody; najmniejsza grubość oporowej ściany w praktyce = 0,6 — 0,7 m.; dla wody — 0,9 do 1 m. Najwygodniejsze nachylenie zewnętrznej powierzchni ściany =  $1/6$ .

#### 8. Głębokość fundamentu.

Niezależnie od reguły że fundament winien być tak głęboki, aby posadowienie fundamentu było zabezpieczone od przemarzania, fundamenty gmachów, mostów, pomników i t. p. winny być założone tak głęboko, aby wyciskanie ziemi z pod spodu było niemożliwym.

Oznaczając przez  $h_1$  głębokość fundamentu; przez  $h_2$  wysokość warstwy ziemi odpowiadającej ciśnieniu budyn-

ku na jednostkę podstawy fundamentu; przez  $\varphi$  — kąt sto-  
ku otrzymamy, odrzucając tarcie, warunek stateczności:

$$h_1 > h_0 \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

wartości  $\operatorname{tg} \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$  podane str. 245; rzeczywista głębo-  
kość fundamentu jest  $2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$  razy większą.

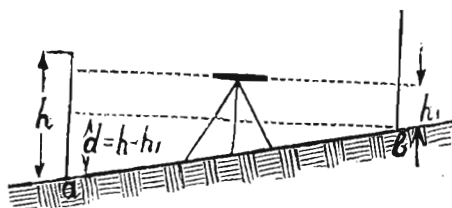
## B. Miernictwo

### a. Niwelacja.

Niwelacja skutecznia się za pomocą niwelatorów

Przy zdjęciu profili podłużnych oznaczają podłużną  
oś niwelacji palikami wbijanymi w odległości 100 m. jeden  
od drugiego; paliki muszą być odpowiednio ponumerowa-  
ne; punkty znajdujące się pomiędzy palikami oznaczają  
numerem palika poprzedniego + odległość go do tego  
palika.

W wypadku, gdy punkty obserwowane, będą równo  
(rys. 163) odległe od punktu z którego będą niwelowane



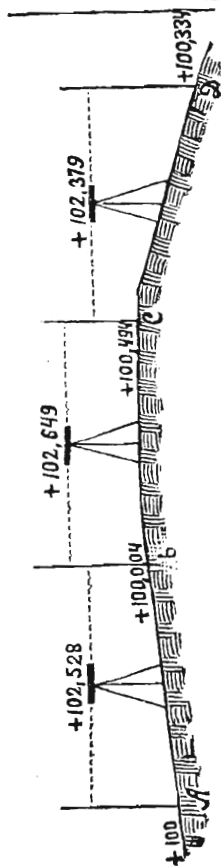
rys. 163.

otrzymane różni-  
ce wysokości bę-  
dą dokładne, i wte-  
dy ani niedokład-  
ność osi optycz-  
nej w instrumen-  
cie niwelacyjnym,  
ani kulistość po-  
wierzchni ziemi,  
ani łamanie się

światła wpływu mieć nie będą.

Dla zapisywania w polu, w toku roboty, wyników  
niwelacji korzystają z następującego szematu (rys 164)

| Stacja | Punkty niwelowania | Odległość punktów niwelowanych, m. | Celowanie |            | Różnica |       | Wysokość nad zerem m. | U W A G I                                                                   |
|--------|--------------------|------------------------------------|-----------|------------|---------|-------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                    | wstecz m. | naprzód m. | +       | -     |                       |                                                                             |
| —      | A                  | —                                  | 2,528     | —          | —       | —     | 100                   | Sprawdzenie:<br>100,334—100=0,334<br>0,604—0,270=0,334<br>6,458—6,124=0,334 |
| I      | B                  | 140,5                              | 2,045     | 1,924      | 0,604   | —     | 100,604               |                                                                             |
| II     | C                  | 185,0                              | 1,885     | 2,155      | —       | 0,110 | 100,494               |                                                                             |
| III    | D                  | 125,4                              | —         | 2,045      | —       | 0,160 | 100,334               |                                                                             |
| —      | —                  | 405,9                              | 6,458     | 6,124      | 0,604   | 0,270 | —                     | —                                                                           |



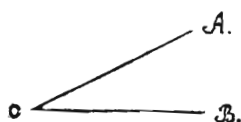
rys. 164

W wypadkach zaś kiedy celowanie z równych odległości jest niemożliwym, należy, nawet przy zupełnie uregulowanym niwelatorze, przyjąć pod uwagę kulistość powierzchni, jak również refrakcję. Przytoczona poniżej tabela podaje sprostowania zmniejszenia  $h$  w mm. z uwzględnieniem kulistości ziemi oraz refrakcji, dla naszego klimatu, odpowiednio do odległości  $L$  w m. punktów niwelowanych od niwelatora.

| L<br>m. | h<br>mm. | L<br>m. | h<br>mm. | L<br>m. | h<br>mm. | L<br>m. | h<br>mm. |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 20      | 0        | 100     | 0,7      | 250     | 4,2      | 450     | 13,4     |
| 40      | 0,1      | 120     | 0,9      | 300     | 5,9      | 500     | 16,5     |
| 60      | 0,2      | 150     | 1,5      | 350     | 8,1      | 600     | 23,7     |
| 80      | 0,4      | 200     | 2,6      | 400     | 10,6     | 700     | 32,3     |

### b. Pomiar kątów teodolitem.

Teodolitem posługują się przy wymierzaniu w płaszczyznach poziomych i pionowych. Przy wymierzaniu kąta  $AOB$  działają w sposób następujący:



Rys. 165.

$A.$  (rys. 165):

1. Teodolit ustawiają nad punktem  $O$  przy pomocy pionu przyczepionego do haczyka stolika mierniczego.

2. Przy pomocy trzech śrub regulacyjnych i wasserwagi doprowadzają teodolit do poziomu.

3. Od ręki kierują lunetę na punkt  $A$  wraz z celownicą, umocowują celownicę śrubką i przy pomocy leniwki skierowują dokładnie skrzyżowanie nici lunety na punkt  $A$ .

4. Odliczają wskazania obu noniuszów i biorą średnią arytmetyczną.

5. Rozluźniają celownicę, kierują lunetę na punkt  $B$  i ustawiają jak wskazano w p. 3.

6. Odliczają wskazania obu noniuszów, biorą średnią i odejmują pierwsze wskazania od drugiego.

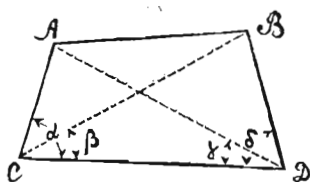
7. Obracają lunetę na  $180^\circ$  i powtarzają wszystkie wyżej podane pomiary.

8. Biorą średnią z dwóch ostatnich wielkości wymierzonych.

Przy wykonaniu takich pomiarów zastosowują zwykle nast. tabelę:

| Stanowisko | Cel | POŁOŻENIE LUNETY I |            |           | POŁOŻENIE LUNETY II |            |            | Wymierzony kąt | Średnia   |
|------------|-----|--------------------|------------|-----------|---------------------|------------|------------|----------------|-----------|
|            |     | Non-jusz 1         | Non-jusz 2 | Średnia   | Non-jusz 1          | Non-jusz 2 | Średnia    |                |           |
| 0          | A   | 45°10'0"           | 12'0"      | 45°11'    | 225°14'0"           | 15'0"      | 225°14'30" | 53°35'30"      | 53°36'15" |
|            | B   | 98°46'0"           | 47'0"      | 98°46'30" | 278°51'0"           | 52'0"      | 278°51'30" | 58°37'0"       |           |

c. Mierzenie odległości pomiędzy dwoma punktami A i B, niedostępnymi z punktów C D.



Rys. 166.

$$CD = l$$

$$AC = l \frac{\operatorname{Sn} \gamma}{\operatorname{Sn} (180^\circ - \alpha - \gamma)}$$

$$BC = l \frac{\operatorname{Sn} \delta}{\operatorname{Sn} (180^\circ - \beta - \delta)}$$

$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2 - 2 AC \cdot BC \cdot \operatorname{Cos} (\alpha - \beta)}.$$

## C. BUDOWNICTWO.

Budynek, stanowiący jedną całość winien posiadać dla wszystkich swych części fundament możliwie jednotypowy. Głębokość fundamentów winna być większą od głębokości przemarzania ziemi, a mianowicie u nas od 1 do 1,5 m., na północy zaś do 2 — 2,2 m.

### a. Badanie gruntu.

Dla budowli o niewielkich wymiarach dostatecznie zbadać grunt przy pomocy dzidy (schurf); przy wykonywaniu budowli większych należy zbadać grunt za pomocą



otworów wiertniczych, lub wykopać jedną, względnie kilka studni.

Grunty dzielają na **pewne i niepewne**.

Do gruntów **pewnych** należą: grunt skalisty przy warstwie koło 3 m. grubej; grunt kamienisty ubezpieczony od usuwania się; kamyki, żwir, piasek gruboziarnisty. Do gruntów bezpiecznych zaliczają także: piasek drobnoziarnisty, suche warstwy gliny zmieszane z piaskiem przy grubości warstwy od 4 do 6 m.; przy warstwie zaś mniej grubej należygo umocnić przez nasyp kamieni, wtłoczenie szabru, wbicie pali lub rozgródę.

Do gruntów **niepewnych** zaliczają: glinę wilgotną czystą i z domieszką piasku; piasek z domieszką gliny; piasek gliniasty, piasek bardzo mokry, spływające błoto, margiel, torf, ziemia roślinna zwykła, ziemia nasypiana i t. p.

#### b. Fundamenty przy gruncie pewnym.

Oznaczenia:

k—obciążenie dozwolone gruntu —kg./m.<sup>2</sup>

$\gamma_z$  — waga gruntu kg./m.<sup>3</sup>

h—głębokość fundamentu m.

$\varphi$ —kąt stoku.

$$k = 2 \gamma_z h \left( \frac{1 + \sin \varphi \sqrt{\frac{1}{2}}} {1 - \sin \varphi \sqrt{\frac{1}{2}}} \right)^2 = 2 \gamma_z h n^2,$$

gdzie n w zależności od  $\varphi =$ :

|             |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| $\varphi =$ | 15°    | 20°    | 25°    | 30°    |
| $n^2 =$     | 4,6427 | 8,2578 | 15,769 | 33,971 |

|             |        |        |        |     |
|-------------|--------|--------|--------|-----|
| $\varphi =$ | 35°    | 37½°   | 40°    | 45° |
| $n^2 =$     | 91,987 | 179,03 | 440,66 | ~   |

Ciśnienie na posadowienie fundamentu winno działać prostopadle do niego i być rozłożonym równomiernie. Przy gruncie skalistym, pewnym, obciążenie dozwolone  $k$  osiąga do  $\frac{1}{10}$  wytrzymałości nietrwalej na ściskanie, zwykle od 5 do 15 kg./cm.<sup>2</sup>; dla zwartego żwiru i piasku — 2,5 kg./cm.<sup>2</sup>, w wypadkach wyjątkowych nawet do 10 kg./cm.<sup>2</sup>; dla gliny tak samo, o ile dostęp wody jest wykluczony. We wszystkich wypadkach przy określeniu  $k$  należy uwzględniać głębokość fundamentu  $h$ , zawilgocenie gruntu, stałe lub czasowe, parcie wiatru, siły rozpierające sklepienia i t. p.; wypadkowa wszystkich sił pionowych i poziomych winna przebywać w granicach średniej  $\frac{1}{3}$  części szerokości fundamentu.

### c. Ogrodzenia ubezpieczające.

W wypadkach gdy miejsce obrane dla fundamentu pokryte jest wodą, lub może zostać zatopione, należy zabezpieczyć się, stosując grodze—jedno; dwu lub wielościanowe.

Grodze jednościanowe zastosowują przy głębokości wody do 1,5 m.; grodza taka urządza się w sposób następujący: zabijają pal od pali w odległości 1,25 — 1,5 m., u góry pale wiążą kapturem, do kaptura (dyby) przytyka się ścianka z desek, osadzona w ziemi na głębokości 0,5 — 0,6 m.; wodonieprzenikliwość grodzy osiąga się przez nasyp koło ścianki ziemi lub nawozu dobrze ubitych. Grodze dwu lub wielościanowe używają dla utrzymania wody głębszej nad 1,5 m. Według Eitelwein'a, przy głębokości wody do 2,5 m. szerokość grodzy winna=głębokości wody; przy głębokości większej szerokość grodzy =  $\frac{1}{2}$  głębokości wody + 1,25 m. W tych wypadkach pale biją w odstępach 1,25 m. jeden od drugiego na głębokość od 1,25 do 2 m., w kierunku poziomym wiąże ich ściągnicami w odległości 1,25 m. jedna od drugiej, po ściągnięciu oszalowują deskami, a przestrzeń pomiędzy ściankami zasypują ziemią lub nawozem dobrze ubijając warstwami.

### d. Fundamenty przy gruncie niepewnym.

1. Grunt umacnia się przy pomocy ubijania ubijkami, następnie na ubity grunt układa się warstwa szabru,

żwiru i t. p. 0,3 m. gruba i znowu ubija się ubijakami, po wbiciu w grunt pierwszej warstwy szabru kładą drugą i znowu ubijają i t. d. dopóki nie otrzyma się zwartej warstwy szabru ogólnej grubości 1 — 1,25 m. W praktyce są przykłady że grunt umocniony wyżej wskazanym sposobem przez warstwę szabru grubości 0,5 m. dobrze wytrzymał dom dwupiętrowy.

2. Dla urządzenia pościeli pod fundament robi się nasyp z piasku gruboziarnistego i czystego; nasyp ten winien być znacznie szerszy od fundamentu, jednakowoż przy obliczeniach za płaszczyznę która przejmuje ciężar gmachu przyjmuje się pod uwagę wyłącznie szerokość fundamentu. Nasyp piasku wykonywa się warstwami 0,1 m. grubymi; każda warstwa polewa się wodą i ubija się walcowaniem; ubijania ubijakami nie stosują; ogólna grubość warstwy nasypanego piasku = 1 — 2 m.

Według Rankin'a grubość  $d$  warstwy szabru lub piasku, którą winien być przykryty grunt miękki określa się wzorem:

$$d = \frac{10000 \, p \cdot c^2}{\gamma - \gamma_z c^2} \text{ gdzie}$$

$p$  — największe ciśnienie budynku na grunt —  $\text{kg./cm.}^2$

$\gamma$  — waga piasku lub szabru  $\text{Kg./m.}^3$

dla piasku — 1600 — 2000  $\text{kg./m.}^3$

dla szabru — 1800 — 2200  $\text{kg./m.}^3$

$\gamma_z$  — waga miękiego gruntu (ziemi) — 1600  $\text{kg./m.}^3$

$$C^2 = \left( \frac{1 - \text{Sn } \varphi}{1 + \text{Sn } \varphi} \right)^2; \varphi \text{ — kąt stoku ziemi.}$$

| dla $\varphi =$ | 15°   | 20°   | 25°   | 30°   | 35°   | 40°   | 45°    |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $C^2 =$         | 0,346 | 0,240 | 0,165 | 0,111 | 0,073 | 0,047 | 0,0296 |

3. Podkładowa płyta betonowa robi się szerszą od fundamentu; w wypadku urządzenia płyty pod

wodą, należy beton nasypywać warstwami, materiał zaś, do miejsca układania, dostarczać możliwie prędko i w znacznej ilości; należy unikać zmieszania betonu z wodą, oraz wyrównania i ubijania betonu. Płyta betonowa 1 m. gruba może, przy gruncie odpornym na ściskanie, wytrzymać obciążenie do 4—5 kg./cm.<sup>2</sup>; przy gruncie łatwo ściskającym się i niejednorodnym do — 2,5 kg./cm.<sup>2</sup>. Płyta betonowa może występować poza brzeg fundamentu na  $\frac{1}{4}$  swojej grubości.

Płyta betonowa winna być nie mniej 0,5 m. grubą i występować poza brzeg posady fundamentu co najmniej na  $\frac{1}{4}$  swej grubości.

Przy płytach żelbetowych, na różnych poziomach warstwy betonowej zakładają, w większej lub mniejszej ilości, pręty lub taśmy żelazne, pokrzyżowane między sobą, dzięki obecności żelaza fundament betonowy lepiej wytrzymuje nałężenia rozciągające powstałe wskutek nie jednakowej zwartości, a więc i odporności gruntu; układają także, w kierunku długości ścian dwuteowniki, zapelniając przestrzeń pomiędzy nimi betonem; połączenie belek w narożnikach i przecięciach jest zbyteczne. Wkładki żelaza pozwalają zmniejszyć grubość warstwy betonowej (płyty), a więc przyspieszają robotę.

4. Fundamenty na słupach (filarach podziemnych) znajdują zastosowanie w wypadkach kiedy grunt pewny zalega na nieznacznej głębokości, a woda podskórna jest nieobecna; słupy zasklepiają łukami.

5. Fundamenty na studniach zapuszczanych:

Przy średnicy studni 1—2 m., grubość ścianek — 1—1½ cegły. Dla głównych ścian budynku stawiają studnie w odległości 2,5 do 3,75 m. środek od środka i zagłębiają w grunt pewny na 0,6 do 1 m. Wymiary studni pod ściany kapitalne określają się zależnie od wytrzymałości gruntu. Studnie zasklepiają łukami nie mniej niż w dwie cegły grubymi. W narożnikach budynku stawiają 2 lub nawet 3 studnie odporowe złączone pomiędzy sobą ściągami. Dla wybudowania studni należy wykopać dół kwadratowy 4 × 4 m. i—1,5 m. głęboki, ułożyć w nim wieniec z bali, a na wieńcu murować ścianki studni. Następne równomierne opuszczenie się studni dokonywa się przez stopniowe

nadmurowywanie ścianek i sztuczne obciążenie ich przy jednoczesnem usuwaniu ziemi z pod wieńca. Dno gotowej studni wypełnia się warstwą betonu, następnie zakłada się murem z kamienia; na wysokości od 0,3 do 0,6 m. ponad poziom wody zaskórnej na ściankach studni murują opory dla łuków łączących studnie. Tak opuszczają studnie na głębokość 18 i więcej metrów.

6. Skrzynie zapuszczane: 4 narożnika powiązane u góry na krzyż oszalowują z zewnątrz deskami grubości 5—8 cm.; wysokość skrzyni 5,5 do 7,0 m.; dla osiągnięcia głębokości 12—14 m. należy kolejno opuścić dwie skrzynie, jedna nad drugą; podobnie jak studnie zapuszczane, skrzynie do poziomu wody zaskórnej zapelniają betonem, wyżej zaś murem z kamienia i zasklepiają łukami.

Przez niewielkie zwężenie wymiarów skrzyni lub studni zapuszczanych u góry (1:50 do 1:25) ułatwia się opuszczanie ich. Na wysokości podpór łuków skrzynie winne być powiązane przez ściągi żelazne.

7. Fundament na podkładzinach. Wszystkie bale i belki powinny być ułożone conajmniej 0,3—0,5 m. pod najniższym poziomem wody:

a. ruszt z bali składa się z podłużnic położonych na poprzecznicach 8—10 cm. grubych; odległość poprzecznic pomiędzy sobą 1 do 1,25 m.

β. ruszt bez pali — krótkie porzecznice podkładowe 24—30 cm. szerokie i 16—24 cm. wysokie ułożone w odległościach od 1 do 1,5 m.; podłużnice 20—30 cm. grube w odległościach pomiędzy sobą nie większych 1,1 m.; podłużnice skrajne są odsunięte od końców poprzecznic na 0,3—0,5 m. Ruszt wypełnia się kamieniami lub betonem i pokrywa się balami grubości 8 do 10 cm., końce bali występują z każdej strony na 5 cm.

8. Ruszt na palach sosnowych lub dębowych: wierzch pali winien być na 0,6 m. poniżej najniższego poziomu wody podskórnej; grubość pali w m.:  $d = 0,12 + 0,03 \sqrt{l}$  lub  $d = 0,15 + 0,0275 \sqrt{l}$  gdzie  $\sqrt{l}$  — długość pala w m., naprz. przy długości  $l = 7$  m.,  $d =$  od 33 cm. do 34,25 cm.; odstęp między środków pali w szeregu — 0,75 do 1,25 m., odległość szeregów 0,8 do 1 m. i nie większa nad 1,25 m.; czopy na palach 16 cm. długie, 8 cm. szerokie i 5 cm. grube, na nich oczepiają podłużnicy o poluprzekroju conajmniej

26 X 26 cm. Poprzecznice położone są w odległości 2,5 — 3 m. jedna od drugiej, a końce ich występują na 8—10 cm. poza podłużnice; zacios pala winien mieć długość =  $1\frac{1}{2}$  — 2 średnicy pala u dołu.

Podkład betonowy na palach: grubość warstwy betonowej nie mniej 0,75 cm.; łby pali winny być zagłębione w betonie na 0,15 m., dla ubezpieczenia betonu od rozmywu, urządzają po bokach grodze. Grot pala o 2—4 uszkach waży 2,5 — 6,3 kg.

9. Pale żelazne i śrubowe (rury) są dogodne przy urządzaniu fundamentów, aczkolwiek są nieco drogie. Dla miękkiego gruntu używają gwint o jednym zwoju średnicy większej; dla ziemi twardej, naprz. gliny zmieszanej z kamkami — gwint dwuzwity (po pół zwoju); połączenie oddzielnych kawałków rur uskutecznia się za pomocą futerek.

**e. Bicie pali:** jeżeli pal dotyka twardego gruntu, to natężenie dozwolone k przyjmuje się od 20 do 40 kg./cm.<sup>2</sup> przekroju poprzecznego pala o ile wytrzymałość na wyboczenie na to pozwoli. Dla pali cienkich i długich należy nadawać k wartości mniejsze. Jeżeli koniec pala nie dotyka twardego gruntu, to obciążenie określa się w zależności od tarcia powierzchni pala o otaczający go grunt.

Według Heinzerling'a:

przy gruncie błotnistym . . . . k = od 0,8 do 1,2 kg./cm.

„ „ lepszym . . . . k = od 3 do 5 „ „

„ „ piaszczystym lub gliniastym k = do 7 kg./cm.<sup>2</sup>

Dla określenia wytrzymałości pala stosują wzór

$$P = \frac{Q \cdot b}{(Q + q + q_1) m \cdot e} + \frac{Q + q + q_1}{m} \text{ gdzie}$$

P — odpór pala, m — współczynnik bezpieczeństwa = przy biciu ręcznym 25, maszynowym — 8, Q — waga baby, q — waga pala, q<sub>1</sub> — waga chłopca (jeżeli bicie wykonywa się z chłopcem), b — wysokość padania baby. e — zanurzenie pala w grunt od jednego, ostatniego, uderzenia babą wagi Q przy wysokości padania b.

Według Brennecke'go  $e = \frac{Q \cdot b}{R} - \frac{R}{a}$ ;

$R = 0,5 a (-e) \pm \sqrt{e^2 + \frac{4 Q \cdot b}{a}}$ , gdzie  $a = 20600 \text{ kg./cm.}^2$

$R = P \cdot n$ ;  $n = \text{od } 4 \text{ do } 10$ .

Wymiary pala według Perronet'a: przy długości 4,5 do 5,5 m., średnica około 27 cm., na każde następne 2 m. należy dodawać od 6 do 3 cm.; długość pala nie większa 12 — 15 m.; odstęp między środkami pali od 0,6 do 1,5 m. nie mniejsze jednak 2 — 3 średnicy pala.

Bicie pali skutecznia się przy pomocy:

α. — baby ręcznej, β. kafaru pociąganego — baba waży 150 — 600 kg., wysokość padania baby — 1,2 — 1,5 m.

γ. kafaru dźwigarkowego, baba 600 — 800 kg., wysokość padania 2 — 8 m., δ. kafaru parowego, — baba 2500 kg. wysokość padania 0,8 — 1 m., lub baba 750 — 1000 kg., wysokość padania 2 — 6 m., potrzebny silnik 4 — 6 koni mech.

## f. TABELA № 58.

Obciążenie posadowienia fundamentu  $\text{kg./cm.}^2$  dla ścian wewnętrznych i zewnętrznych w domach mieszkalnych.

| Wysokość budynku m.           | Ściany zewnętrzne |     | Ściany wewnętrzne |         |
|-------------------------------|-------------------|-----|-------------------|---------|
|                               | od                | do  | średnio           | średnio |
| Budynek parterowy 3,55—7,2 m. | 0,8—3,4           | 2,1 | 1,3—5,9           | 3,6     |
| „ 1 piętrowy 7 —11 m.         | 1,3—4,4           | 2,9 | 2,0—7,4           | 4,7     |
| „ 2 „ 10,4—14 m.              | 1,7—4,5           | 3,1 | 2,5—8,3           | 5,4     |
| „ 3 „ 13,75—18,2 m.           | 2,2—5,6           | 3,9 | 3,2—8,5           | 5,9     |
| „ 4 „ 17,15—21,6 m.           | 2,4—5,8           | 4,1 | 3,3—8,7           | 6,0     |
| „ 5 „ 20,55—25 m.             | 2,9—6,0           | 4,4 | 3,9—9,2           | 6,6     |

## h. Grubość ścian.

### 1. Ściany murowane:

α. **Budynki fabryczne:** grubość ścian z cegły w gmachach fabrycznych nie powinna być mniejszą od grubości określonej według następujących wzorów Rettenbacher'a:

$$e_1 = \frac{l}{40} + \frac{h_1}{25}; l_2 = \frac{l}{40} + \frac{h_1 + h_2}{25}; l_3 = \frac{l}{40} + \frac{h_1 + h_2 + h_3}{25};$$

i t. d., gdzie  $l$  = szerokość budynku,  $l_i$  — grubość ściany górnego piętra,  $e_2, e_3$  — grubości ścian następnych pięter;  $h_1, h_2, h_3$  — wysokości odpowiednich pięter; naprz.:  $l = 10,5$  m.,  $h_1 = h_2 = 3,5$  m.,  $h_3 = 4,25$  m., to  $l_1 = 0,4025 = 1\frac{1}{2}$  cegły;  $l_2 = 0,5425 = 2$  cegły;  $l_3 = 0,7125 = 2\frac{1}{2}$  cegły. Jeżeli budynek wstrząsa się pod działaniem ustanowionych maszyn, to grubość ścian powiększa się o  $\frac{1}{2}$  cegły, względnie  $e$  przyjmują  $= \frac{h}{6}$ . Przy znacznych obciążeniach mimo środkowych należy stateczność ścian sprawdzać przez obliczenie.

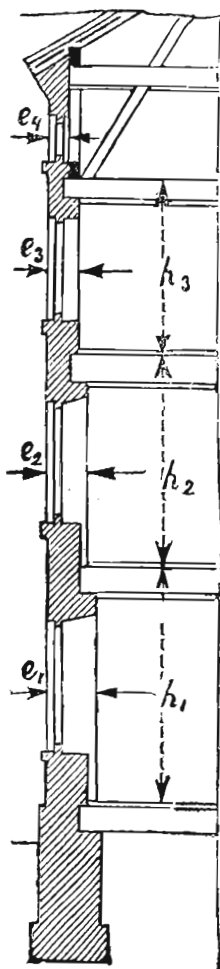
β. **Budynki mieszkalne:** u nas najodpowiedniejsza najmniejsza grubość ścian dla górnego piętra — 2 cegły, w następnych piętrach ściany stopniowo, co dwa lub co jedno piętro, o  $\frac{1}{2}$  cegły grubsze. Jeżeli grubość muru z cegły przyjąć za 1, to grubość ściany:

z kamienia polnego = 1,88; z płyty kamiennej = 1,25; z masy ziemnej lub gliniastej = 2; z masy piaskowo-wapiennej = 1,25; z betonu cementowego = 1,0.

Najmniejsza grubość ścian z kamienia polnego — 0,65 m., a z kamienia łamanego 0,55.

γ. **Grubość muru według Rondelet'a**, minimum:  $e$  — grubość muru;  $L$  — długość muru;  $l$  — szerokość budynku;  $h$  — wysokość muru (przy kilku piętrach mierzone zawsze od dachu);  $D$  — średnica wewnątrz przy murze okrągłym;  $n$  — dla muru silnego = 8; dla muru średniej siły  $n = 10$ , dla muru słabego  $n = 12$  (rys. 167).





Rys. 167.

1. Mur wolno stojący niepowiązany w końcach:  $e = \frac{1}{6} h$  — silny  
 $e = \frac{1}{10} h$  — średni  
 $e = \frac{1}{12} h$  — słaby
2. 4 ściany końcami ze sobą powiązane, bez dachu:

$$e = \frac{1}{n} \times \frac{L \cdot h}{\sqrt{L^2 + h^2}}$$

3. Mur okrągły o średnicy wewnętrznej  $= D$ :

$$e = \frac{1}{n} \cdot \frac{D \cdot h}{\sqrt{D^2 + 16 h^2}}$$

### Mury obciążone:

1. Mur parterowy, pokryty dachem i obciążony belkami, nie mający parcia bocznego:

$$e = \frac{l \cdot h}{12 \sqrt{l^2 + h^2}}$$

2. Mur parterowy, pokryty dachem, obciążony belkami i parciem bocznym:

$$e = \frac{l (h' + h_1)}{24 \sqrt{l^2 + (h + h_1)^2}}$$

gdzie  $h_1$  oznacza wysokość od punktu parcia bocznego do dachu (ta wysokość do całkowitej wysokości  $h$  dodaje się).

δ. Wymiary murów w domach 3-piętrowych, będące w użyciu we Francji (rys. 167):

| Części muru                    | mur         |               | Wysokość piętra m. |
|--------------------------------|-------------|---------------|--------------------|
|                                | frontowy m. | wewnętrzny m. |                    |
| w fundamentach . . . . .       | 0,75—1,00   | 0,70—0,85     | —                  |
| na poziomie posadzki . . .     | 0,55—0,80   | 0,50—0,65     | —                  |
| na poziomie podłogi parteru e. | 0,50—0,65   | 0,35—0,40     | —                  |
| „ „ „ 1 piętra e.              | 0,45—0,55   | 0,35—0,40     | 3,25—5,00          |
| „ „ „ 2 „ e.                   | 0,40—0,50   | 0,30—0,35     | 3,00—4,25          |
| Poddasze lub 3 piętro e. .     | 0,32—0,40   | 0,25—0,30     | 2,80—3,50          |

**Uwaga:** U nas, ze względu na klimat, mury zewnętrzne muszą być grubsze przynajmniej o 0,15 m.

| Rodzaj budynku                                  | grubość na parterze |              |                |
|-------------------------------------------------|---------------------|--------------|----------------|
|                                                 | frontowego m.       | szczytow. m. | wewnętrzzn. m. |
| Budowy ważniejsze od domów mieszkalnych . . .   | 0,65—1,00           | 0,55—0,65    | 0,40—0,55      |
| Pałace i gmachy z parterem sklepionym . . . . . | 1,20—2,50           | 1,00—1,50    | 0,70—1,20      |

Osiadanie murów świeżych wynosi 0,3% do 0,5% =

$\frac{1}{330}$  do  $\frac{1}{200}$  wysokości.

ε. Grubość ścian z cegły w cm. przyjęta  
w Berlinie.

|              | BUDYNKI MIESZKALNE:                               |                                                 |                                                     |                                        |                                                |                | GMACHY FABRYCZNE                                  |                                               |                                            |                                        |                |
|--------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------|
|              | Ściana zewnętrzna z otworami i obciążona stropami | Ściana środkowa z otworami i obciążona stropami | Ściana szczytowa bez otworów nie obciążona stropami | Ściana graniczna bez otworów i ciężaru | Ściana szczytowa z otworami lecz nie obciążona | Ściana schodni | Ściana zewnętrzna z otworami i obciążona stropami | Ściana środkowa z otworami obciążona stropami | Ściana szczytowa bez otworów nie obciążona | Ściana graniczna bez otworów i ciężaru | Ściana schodni |
| Poddasze . . | 25—38                                             | —                                               | 25                                                  | 25                                     | 25                                             | 25             | 25—38                                             | —                                             | 25                                         | 25                                     | 25             |
| IV piętro    | 38                                                | 38                                              | 25                                                  | 38                                     | 25                                             | 25             | 38                                                | 38                                            | 25                                         | 38                                     | 25             |
| III „        | 38                                                | 38                                              | 25                                                  | 38                                     | 25                                             | 25             | 51                                                | 38                                            | 25                                         | 38                                     | 25             |
| II „         | 51                                                | 38                                              | 25                                                  | 38                                     | 38                                             | 25             | 51                                                | 38                                            | 38                                         | 51                                     | 25             |
| I „          | 51                                                | 38                                              | 38                                                  | 51                                     | 38                                             | 25             | 64                                                | 51                                            | 38                                         | 51                                     | 38             |
| Parter . .   | 64                                                | 51                                              | 38                                                  | 51                                     | 51                                             | 38             | 77                                                | 51                                            | 51                                         | 64                                     | 38             |
| Suteryna     | 77                                                | 51                                              | 51                                                  | 64                                     | 51                                             | 38             | 90                                                | 64                                            | 51                                         | 77                                     | 51             |

2. **Ściany odosobione:** grubość ściany z cegły od 1:8 do 1:12 wysokości; zagroda murowana z cegły 3,5 m. wysoka, winna być co najmniej 1½ cegły gruba.

3. **Ściany drewniane:** by uniknąć przemarzania ścian, dopasówka bal winna być taką, żeby szerokość pościeli = 16 cm., co jest możliwym tylko przy balach średnica których  $d \geq 27$  cm.; przy długości ściany większej nad 8,5 m. należy stawić pionowe drewniane kleszcze (ściągacze) ściągające się za pomocą śrub; ściągacze

nie powinny przeszkadzać swobodnemu osadzeniu się ściany; osadzenie się ścian w pierwszym roku budowy dochodzi od  $\frac{1}{30}$  do  $\frac{1}{20}$  wysokości ściany; na każde 2 m. wysokości ściany układa się: bali 27 cm. grubych — 10 rzędów (na pakule — 9), bali 22 cm. grubych — 11 rzędów (na pakule — 10).

#### g. Okna:

Stosunek powierzchni otworów okiennych do powierzchni podłogi jest następujący; w domach mieszkalnych od  $\frac{1}{5}$  do  $\frac{1}{12}$  w salonach wystawowych i klasach  $\frac{1}{4}$  przyczem wysokość otworów okiennych winna wynosić nie mniej połowy wysokości lokalu: Przy obliczeniu Powierzchni okien w klasach przyjmują także 0,1 do 0,2 m. otworu okiennego na 1 ucznia. Według Sohndorfer'a, dla należytego oświetlenia lokalu, długość, szerokość i wysokość którego nie przewyższają jedna drugą więcej niż w dwa razy, należy, żeby iloczyn z ogólnej powierzchni otworów przez ich wysokość równał się mniej więcej 0,075 objętości pomieszczenia.

#### Wymiary okien:

1. w domach mieszkalnych—szerokość okna 1—1,5 m.; stosunek szerokości do wysokości—1:1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>; 1:2; 1:2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>; w suterrenach szerokość okna jest większą od wysokości; odstęp okna do okna zwykle = szerokości okna.

2. w gmachach przemysłowych i fabrycznych, wysokość okien możliwie większa—zwykle od 2 do 6 m., szerokość od 1,25 do 3 m.; stosunek szerokości okien do szerokości filarów (odstępów) = 1,5:1 do 3:1; najlepsze ramy okienne — żelazne, ponieważ mają największą powierzchnię światową w porównaniu z ramami z drzewa lub żelaza lanego. Wysokość ściany nad oknem do stropu, w budynkach murowanych, co najmniej 25 cm.; wysokość podoknia 75 do 90 cm. Światło górne (oberlicht) w budynkach fabrycznych: powierzchnia otworu okiennego = od 0,33 do 0,5 powierzchni rzutu poziomego dachu; na fabryce budowy turbin parowych Eschyr, Weyss & Co w Zurychu zastosowana powierzchnia okien górnych=0,4 powierzchni podłogi, przy obecności okien zwykłych.

Skrzydła okienne zwykle od 0,5 do 0,8 m. szerokie; do wyrobu używają deski 4—6 cm. grube.

Szyby okienne: na szyby 30×40 cm.—szkło 1,5 mm. grube; na szyby 40×70 cm.—szkło 2 mm. grube; na szyby 80×100 cm.—szkło 3 mm. grube.

Malowanie okien: stosunek pola prześwitu okna do do powierzchni pomalowanej okna podwójnego, za wyłączeniem podoknicy przyjmują =

|                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1 : 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | w oknach dwuskrzydłowych, |
| 1 : 2                             | „ czteroskrzydłowych      |
| 1 : 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | „ sześćskrzydłowych.      |

## i. Drzwi.

Szerokość otworu (prześwit) w murze:

Bramy szop i składnic od 3,2 do 4,5 m.

„ stajen „ „ 1,25 — 2 m.

„ wjazdowe „ 2,50 — 3,5 m.

„ szop zwykłych „ 2,50 — 3,2 m.

Drzwi w lokalach mieszkalnych — 1,5 do 2,25 m.

Drzwi w pokojach, jednoskrzydł. — 1 — 1,25 m.

Drzwi jednoskrzydłowe w pokojach mniejsz. — 0,9—1,1 m.

„ „ w kuchniach — 0,9—1,1 m.

„ „ w spiżarniach i za-  
chowankach — 0,7—0,9 m.

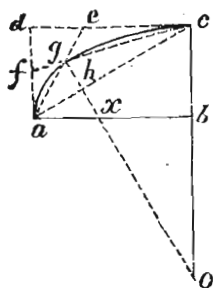
Wysokość drzwi przeciętnie = podwójnej szerokości w każdym bądź razie powinna dosięgać 2 m. Dla bram wjazdowych—wysokość w świetle nie mniej 2,8 m.; grubość łęków 25—38 cm. Otwory dla drzwi wewnętrznych robią się o 10 cm. szersze i o 5 cm. wyższe od wymiarów futryny drzwiowej w świetle. Drzwi i bramy w gmachach fabrycznych, przemysłowych i publicznych powinny odkrywać się na zewnątrz (w kierunku wyjścia). Długość drzewa zużytego na futrynę = obwodu prześwitu + 1,2 do 1,5 m.

## k. Sklepienia.

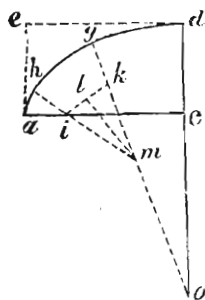
### 1. Wykreślenie linii koszykowej.

Linia koszykowa składa się z nieparzystej ilości sprężonych wzajemnie łuków; zwykle podaje się rozpiętość i strzałka sklepienia: ab — półrozpiętość, bc strzałka sklepienia;

a. Wzglowia leżą w jednej płaszczyźnie poziomej.



Rys. 168.

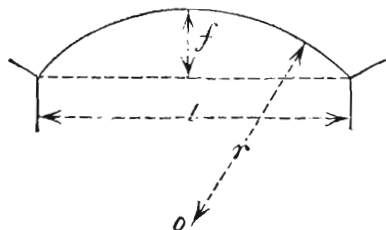


Rys. 169.

1. W abcd (rys. 168) dwójsieczne kątów acd i cad krzyżują się w punkcie g; przeciągamy go ⊥ ac, go przecina ab i cb w punktach x i o i które są środkami łuków ag i gc.

2. Podane cd i ac; zataczamy promieniem dowolnym od łuk koła do g i łączymy g i o; obieramy na ac dowolny punkt i, promieniem ai zataczamy łuk kołowy ah, odkładamy gk=hi, przeprowadzamy ik, w punkcie l dzielimy ik na połowę, przeprowadzamy lm ⊥ ik, wówczas i, m, o będą środkami łuków, h zaś i g punktami zetknięcia się łuków (rys. 169).

3. Przy sklepieniach o jednym łuku rys. 169a) przy rozpiętości = l i strzałce f, promień r wyznajduje się wzorem:



Rys. 169a.

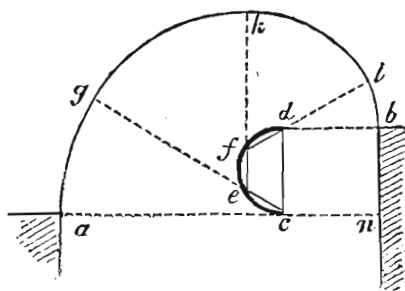
$$r = \gamma \cdot f = \mu \cdot l = f \cdot \left[ \frac{1}{8} \cdot \left( \frac{l}{f} \right)^2 + \frac{1}{2} \right],$$

wartości γ i μ, podane w następującej tabeli;

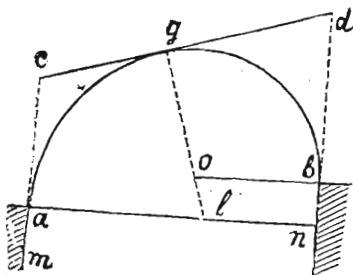
| $l/f$ | $\gamma$ | $\mu$  | $l/f$  | $\gamma$ | $\mu$  | $l/f$ | $\gamma$ | $\mu$  |
|-------|----------|--------|--------|----------|--------|-------|----------|--------|
| 2     | 1        | 0,5000 | 7      | 6,625    | 0,9464 | 12    | 18,5     | 1,5417 |
| 3     | 1,625    | 0,5417 | 7,4641 | 7,464    | 1,0000 | 14    | 25,0     | 1,7837 |
| 4     | 2,500    | 0,6250 | 8      | 8,500    | 1,0625 | 16    | 32,3     | 2,0313 |
| 5     | 3,625    | 0,7250 | 9      | 10,625   | 1,1806 | 18    | 41,0     | 2,2778 |
| 6     | 5,000    | 0,8333 | 10     | 13,000   | 1,3000 | 20    | 50,5     | 2,5250 |

$\beta$ . Punkty oporów (wezłowania) w różnych poziomach (łęki spełzające).

1. Podane (rys. 170); rozpiętość  $\underline{an}$  i wysokość  $\underline{nb}$ ; odkładamy  $\underline{nc} = \frac{1}{2} \underline{na}$ ,  $\underline{nb}$ ;  $\underline{cd} = \frac{1}{2} \underline{nb}$ ; przyjmując  $\underline{cd}$



Rys. 170.



Rys. 171.

za średnicę, zataczamy łuk i przeprowadzamy  $\underline{df} = \underline{fe} = \underline{ec}$ , wówczas punkty  $\underline{d}$ ,  $\underline{f}$ ,  $\underline{e}$ ,  $\underline{c}$  będą środkami łuków  $\underline{bi}$ ,  $\underline{ik}$ ,  $\underline{kg}$  i  $\underline{ga}$ .

2. Podane (rys. 171): punkt oporu  $\underline{a}$ , rozpiętość  $\underline{an}$  i kierunek stycznej  $\underline{cd}$  w zworniku;  $\underline{am}$  i  $\underline{bn}$  ściany podpory

we; przedłużamy am do c i bn do d, odkładamy cg = ac i db = gd odnajdujemy punkt b, wystawiamy w punkcie g prostopadłą gl do cd która przecina an w punkcie l, przeciągamy bo || an, wówczas o i l będą środkami łuków bg i ga.

## 2. Wzory dla określenia grubości sklepieni w zworniku i w opórach.

Oznaczenia:  $l$  — rozpiętość sklepienia w m.  
 $s$  — grubość sklepienia w zworniku w m.  
 $w$  — grubość podpór w m.

**α. Sklepienia z cegły:** dla sklepień półkulistych,

1. pachwiny zamurowane do poziomu zwornika:

$$s = \frac{1}{12} l; w = \frac{1}{12} l.$$

2. pachwiny zamurowane do połowy wysokości, kierunek zamurowania grzbietu równoległy do podniebienia:

$$s = \frac{1}{32} l; w = \frac{1}{8} l.$$

3. pachwiny zamurowane do połowy wysokości i następnie wyrównane pochyłe ku zwornikowi:

$$s = \frac{1}{12} l; \text{ przy wezglowiu } s = \frac{1}{32} l; w = \frac{1}{10} l.$$

**β. Sklepienia z kamienia łomowego.**

Wymiary sklepieni z kamienia łomowego winny być większe od wyżej wskazanych w 1,5 do 1,6 razy,

**γ. Sklepienia z kamienia ciosanego.**

Dla sklepieni półkulistych i eliptycznych, przypuszczają że grubość sklepienia w wezglowiu jest dwa razy większą od grubości w zworniku; grubość sklepienia w zworniku  $s =$ :

1. dla sklepienia mostowego, znacznie obciążonego

$$S_1 = 0,04 l \div 0,32 \text{ m.}$$

2. dla sklepienia mostowego średnio obciążonego.

$$S_2 = \frac{1}{2} S_1 = 0,02 l + 0,16 \text{ m.}$$



## 3. dla sklepienia nieobciążonego

$S_1 = \frac{1}{4} S_2 = 0,01 \text{ l} + 0,08 \text{ m.}$ , a mianowicie:

| Rozpiętość<br>m. |      | Grubość w zworniku m.   |       |       |
|------------------|------|-------------------------|-------|-------|
|                  |      | $S_1$                   | $S_2$ | $S_3$ |
| 2                | 0,40 | $S_2 = \frac{1}{2} S_1$ |       |       |
| 4                | 0,48 | $S_3 = \frac{1}{4} S_1$ |       |       |
| 6                | 0,56 |                         |       |       |
| 8                | 0,64 |                         |       |       |
| 10               | 0,72 |                         |       |       |
| 12               | 0,80 |                         |       |       |

| Rozpiętość<br>m. |      | Grubość w zworniku m.   |       |       |
|------------------|------|-------------------------|-------|-------|
|                  |      | $S_1$                   | $S_2$ | $S_3$ |
| 14               | 0,88 | $S_2 = \frac{1}{2} S_1$ |       |       |
| 16               | 0,96 | $S_3 = \frac{1}{4} S_1$ |       |       |
| 18               | 1,04 |                         |       |       |
| 20               | 1,12 |                         |       |       |
| 22               | 1,20 |                         |       |       |
| 24               | 1,28 |                         |       |       |

| Rozpiętość<br>m. |      | Grubość w zworniku m.   |       |       |
|------------------|------|-------------------------|-------|-------|
|                  |      | $S_1$                   | $S_2$ | $S_3$ |
| 26               | 1,36 | $S_2 = \frac{1}{2} S_1$ |       |       |
| 28               | 1,44 | $S_3 = \frac{1}{4} S_1$ |       |       |
| 30               | 1,52 |                         |       |       |
| 32               | 1,60 |                         |       |       |
| 34               | 1,68 |                         |       |       |
| 36               | 1,76 |                         |       |       |

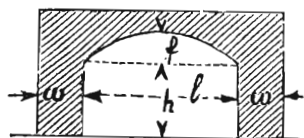
Według Peronet'a, dla sklepieni mostowych grubość w zworniku, przy  $l < 24$  m.,  $S_1 = 0,035 l + 0,32$  m.

przy  $l > 24$  m.,  $S_1 = \frac{1}{24} l$ , w przypuszczeniu że grubość sklepienia w wezłowniu jest w dwa razy większą od grubości w zworniku.

Jeżeli opory kończą się na poziomie wezłownia sklepienia i nie podnoszą się nad poziom zwornika, to grubość opór określa się:

dla sklepienia półkulistego  $w = \frac{1}{3} l$ , dla sklepienia eliptycznego (koszykowego), przy strzałce  $f < \frac{l}{2}$  no  $> \frac{l}{4}$  —  $w = \frac{1}{4} l$ ; przy  $f \leq \frac{l}{4}$  —  $w = \frac{1}{4} l$ .

Grubość opór dla sklepień zamurowanych do poziomemu (rys. 172) wysokości zwornika



$$w = \frac{l}{8} \cdot \frac{3l-f}{l+f} + \frac{1}{6} h + 0,3 \text{ m.}$$

Rys. 172.

Dla sklepienia półkulistego  $f = \frac{1}{2} l$ , a więc  $w = \frac{1}{24} l + \frac{1}{6} h + 0,3 \text{ m.} \approx 0,21 l + 0,17 h + 0,3$ .

Fundament pod ściany oporowe wykonywa się z kilkoma (w zależności od głębokości) odsadzkami, o wymiarach 15–20 cm. szerokości przy wysokości 30–40 cm. ogólne zwiększenie szerokości fundamentu od  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{2}$  grubości.

## 8. Sklepienie płaskie.

$P$  — ogólne obciążenie sklepienia kg.

$l$  — rozpiętość cm.

$f$  — strzałka sklepienia cm.

$L$  — długość sklepienia cm. (wzięta po linii prostopadłej do powierzchni przekroju poprzecznego).

$\rho$  — średnia wielkość promienia sklepienia cm.

$k$  — obciążenie dozwolone kg./cm.<sup>2</sup> (str. 245):

Rozpór poziomy  $H = \frac{P \cdot l}{8 f} = \rho \cdot \frac{P}{l}$  kg.; grubość  $w$

w zworniku  $S_1 = \frac{H}{k \cdot L}$  cm.; w węzłowiach:

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{l^2 + 4 f^2}{l^2 - 4 f^2}.$$

W odległości od 1,25 do 1,50 m. rozmieszczają żelazne ściągacze, które winny neutralizować odpowiednie siły rozporu poziomego  $H$ . W sklepieniach płaskich grubość zwornika w  $\frac{1}{2}$  cegły dopuszcza się przy rozpiętościach nie większych 2,5 m. Jeżeli oporą sklepienia służą belki żelazne (dwuteowniki), to węzłowiemi sklepienia są dolne ramiona belek; w takich sklepieniach  $f$  nie  $\leftarrow \frac{1}{8} l$ , przytem  $l$  nie  $> 1,5$  m.

Przy budowie sklepienia należy przyjąć pod uwagę osiadanie krążyn  $f_0$ , a mianowicie: przy krążynach podwieszonych, a dobrze urządzonych  $f_0 = 0,02 (l - f)$ , zrobionych gorzej  $f_0 = 0,01 (l - f)$ ; przy krążynach dobrze urządzonych i ustawionych na słupach, —  $f_0 = 0,005 (l - f)$ . Niezależnie od osiadania krążyn należy przyjąć pod uwagę także osiadanie sklepienia, przeciętnie można przyjąć że osiadanie  $t_e =$  dla sklepienia półkulistego  $= \frac{1}{144} l$ , dla sklepienia eliptycznego  $\frac{1}{100} l$ .

### 3. Obciążenie mostów kamiennych dla dróg kołowych.

Obciążenie  $P = g + p$ , gdzie

$g$  — waga własna; przy jezdni żwirowanej lub krytej szabrem (szosa) —  $g = 0,6 \text{ t/m.}^2$ , przy jezdni brukowanej kamieniem  $g = 1,00 \text{ t/m.}^2$

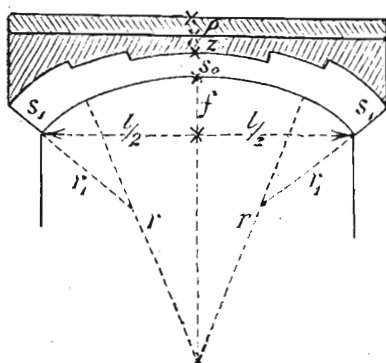
$p$  — obciążenie ruchome: zamiast obciążenia składającego się z pojazdu wozów i tłumu ludzi, obciążają most ciężarem równomiernie rozłożonym ( $p$ ); według Winkler'a równomiernie rozłożone obciążenie  $p$  określa się dla mostów na drogach kołowych:

przy wozach lekkich  $p = 0,37 + \frac{1,7}{l} \text{ t/m.}^2$

„ „ średnio-ciężkich  $p = 0,34 + 2,6 \cdot \frac{1}{l} \text{ t/m.}^2$

„ „ ciężkich  $p = 0,28 + 8,4 \cdot \frac{1}{l} \text{ t/m.}^2$

## λ. Wzory Tolkmitt'a (rys. 173).



Rys. 173.

$z_1$  — wysokość muru nad sklepieniem w m. (obciążenie stałe).

$l$  — rozpiętość m.

$s_0$  — grubość sklepienia w zworniku m.

$p$  — obciążenie ruchome, zamienione przez warstwę muru odpowiedniej grubości m.

$\gamma$  — waga muru  $\text{kg./m.}^3$ .

$k_0$  — ciśnienie w zworniku  $\text{kg./cm.}^2$ .

Grubość sklepienia w zworniku będzie:

$$S_0 \geq \frac{0,5 \, p \, f}{z_1 + s_0 + 0,5 \, p + 0,15 \, f} \cdot \dots \cdot 1.$$

$$S_0 \geq 0,000014 \, \frac{\gamma}{k_0} \cdot \frac{l}{f} \cdot (z_1 + S_0 + 0,5 \, p + 0,2 \, f) \cdot \dots \cdot 2.$$

Obydwa warunki (1) i (2) winny być wykonane, warunek pierwszy jest koniecznym, żeby linja ciśnień, przy najniekorzystniejszym równomiernem obciążeniu sklepienia, zostawała się w rdzeniu wewnętrznym = trzeciej części grubości sklepienia; warunek drugi — aby ciśnienie  $k_0$  nie przekroczało dozwolonej granicy. Największe dozwolone ciśnienie w zworniku sklepienia winno być nie większe nad  $2 \, k_0$ .

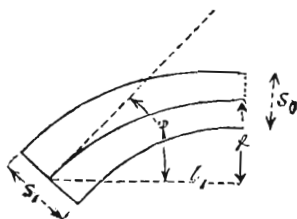
W sklepieniach mostowych: a — z klinkierów na zaprawie cementowej, przeciętnie przyjmują  $k_0 = 8 \, \text{kg./cm.}^2$   
b — z piaskowca ciosanego  $15 \, \text{kg./cm.}^2$

Wartość  $S_0$  odnajduje się za pomocą kilku prób.

**Uwaga:** dla zamiany obciążenia ruchomego warstwą muru odpowiedniej grubości  $p$ , postępują w sposób

następujący: przyjmując obciążenie od tłumu ludzi  $= 400 \text{ kg./m.}^2$ , a ciężar muru  $\gamma = 1600 \text{ kg./m.}^3$ , otrzymamy  $p = 0,25 \text{ m.}$  Dla określenia wysokości  $p$  przy obciążeniu ruchomem składającym się z wozów i ludzi wyrażonem w  $\text{g./m.}^2$  należy go podzielić przez wagę  $\text{kg./m.}^3$  materiału sklepienia; naprz. przy murze z cegły rozdzielić na 1600, przy murze z piaskowca na 2400.

### ω. Wzory Müller-Breslau (rys. 174).



Rys. 174.

Krzywa ciśnień podana; największe ciśnienie w wezłowiach sklepienia przy jednostronnem obciążeniu w  $\text{kg./cm.}^2$ :

$$= \frac{\gamma \cdot l^2}{2000 s_1 f} \cdot \left\{ (z_1 + s_0 + 0,5 p + 0,14 f) \cdot \left( \frac{1}{\cos \varphi} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{4 (f : s_1)}{\left( \frac{f}{s} \right)^2 + 1} + 0,75 p \frac{f}{s_1} \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

gdzie

$l$  — połowa rozpiętości w m. } odnośnie średniej  
 $f$  — strzałka sklepienia w m. } linii.  
 $s_1$  — grubość sklepienia w wezłowiach w m.

$$s = \frac{s_0 + s_1}{2}$$

$\varphi$  — ąt nachylenia stycznej do krzywej ciśnień przy wezłowiach do poziomu.

$\gamma$ ,  $s_0$ ,  $z_1$  i  $p$  — jak wyżej w § 1 (str. 271).

$\varphi$  — oblicza się według wzoru:

$$\text{tg}^2 \varphi = \frac{4 f^2 z_0 + 0,5 f}{l^2 z_0 + 0,14 f} \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

gdzie  $z_0 = z_1 + s_0 + 0,5$  p w m.; na początku określają  $s_0$  i  $s_1$ , następnie obliczają  $k_1$ ; jeżeli  $k_1$  wypadnie zbyt wielkie lub zbyt małe, wymiary winny być stosownie zwiększone lub zmniejszone. Przy sklepieniach płaskich  $s_0 : s_1$  może być  $= \cos \varphi$ , jednakowoż  $s_0 : s_1 \geq 0,5$ ; we wzorze (1) znak  $-$  (górny) dla górnego żebra wezglowia, znak  $+$  dla dolnego żebra. Ujemna wartość  $k_1$  wskazuje, że krzywa ciśień nie mieści w rdzeniu sklepienia.

Dla wypadku kiedy  $k_1'$  oznacza ściskanie  $\text{kg./cm.}$  a  $k_1''$  — rozciąganie w spoinie wezglowia  $\text{kg./cm.}^2$ . przytem  $k_1'$  i  $k_1''$  są wartości bezwzględne i przyjmując pod uwagę nadzwyczaj małą wartość wytrzymałości materiału sklepienia na rozciąganie, można przyjąć:

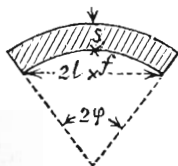
$$k_1 = \frac{\gamma \cdot l_1^2}{10000 S_1 f} (Z_0 + 0,14 f) \frac{1}{\cos \varphi} \cdot \frac{k_1' - k_1''}{k_1' - 2 k_1''} \quad (3).$$

Przy  $l_1 = 10,4$  m.;  $f = 4$  m.,  $S_1 = 1,21$  m.,  $S_0 = 0,90$  m.;  $S = (1,21 + 0,90) : 2 = 1,055$  m.,  $p = 1$  m.,  $z_1 = 0,9$  m.,  $z_0 = 0,90 + 0,90 + 0,50 = 2,3$  m.,  $\gamma = 1600$   $\text{kg./m.}^3$ , to według wzoru (2)  $\cos \varphi = 0,727$ , a według wzoru (1)  $k_1' = 15,9$  i  $k_1'' = 1,8$   $\text{kg./cm.}^2$ , w tedy według wzoru (3)  $k_1 = 16$   $\text{kg./cm.}$  jeżeli sklepienie będzie wybudowane z klinkieru na zaprawie cementowej, to otrzymane natężenie jest dopuszczalne.

## p. Obliczenie objętości sklepień.

### 1. Sklepienie o jednej grubości (rys. 175). Objętość

sklepienia:  $V = b \cdot S \cdot L$  gdzie  
 $\varphi$  — połowa kąta środkowego  
 $r$  — promień łuku wewnętrznego  
 $l$  — połowa cięciwy  
 $f$  — strzałka  
 $s$  — grubość sklepienia  
 $L$  — długość sklepienia



Rys. 175.

$b$  — długość łuku o promieniu  $r + \frac{S}{2}$

## 2. Sklepienie pogrubione przy wezłowniach (rys. 176).

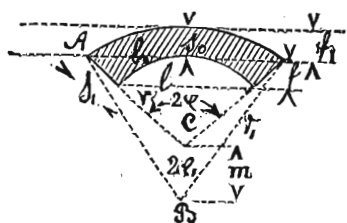


Fig. 176.

$F_1$ —pole wycinka o kącie środkowym  $2\varphi_1$

$F$ —pole wycinka o kącie  $2\varphi$

$\Delta$ —pole trójkąta ABC.

Objętość sklepienia oblicza się przy pomocy nast. wzoru:

$$V = (F_1 - F - 2 \cdot \Delta) \cdot L = \pi \left( \frac{r_1^2 \varphi_1^\circ}{180} - \frac{r^2 \varphi^\circ}{180} \right) \cdot L -$$

$$- m \cdot l_1 \cdot L = (r_1^2 \varphi_1 - r^2 \varphi - m \cdot l_1) \cdot L$$

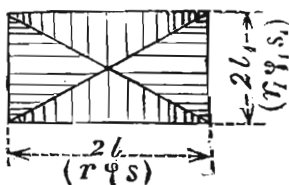
$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{l_1}{r_1 - f_1}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{r - f}; l_1 = l + S_1 \operatorname{Sn} \varphi;$$

$$m = r_1 - (r + S_0); f + S_0 - f_1 = S_1 \cos \varphi,$$

gdzie:  $L$  — długość sklepienia,  $S_0$  — grubość w zworniku,  $S_1$  — grubość w wezłowniach,  $m$  — odległość środków łuków.

## 3. Sklepienie krzyżowe — podstawa prostokątna

Objętość sklepienia, rys. 177 (grubość jedna):



Rys. 177.

$$V = \varphi (2rs + s^2) \cdot l_1$$

$$+ \varphi_1 (2r_1s_1 + s_1^2) \cdot l; 2l \text{ i } 2l_1$$

cięciwy,  $2\varphi$  i  $2\varphi_1$  — odpowiednie kąty środkowe. Jeżeli sklepienie ma podstawę kwadratową, to  $V = 2\varphi (2rS + S^2) \cdot l$

## τ. Dane praktyczne dla łęków i sklepień.

Poniżej zamieszczone dane praktyczne dla określenia grubości ceglanych łęków, sklepień i ich podpór mogą być stosowane wyłącznie do budowli zwykłych przy obciążeniu nieruchomem.

W wypadkach obciążeń znacznych, obliczenie statyczne należy wykonać według reguł statyki budowlanej.

### 1. Łęki:

| Rozpiętość | Grubość łuku w zworniku |                          |                               |
|------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|            | łęki półkuliste         | łęki wzniesione (stromo) | łęki spłaszczone $f \geq 1:8$ |
| 1 m.       | $\frac{1}{2}$ cegły     | $\frac{1}{2}$ cegły      | 1 cegła                       |
| do 2 m.    | 1 „                     | $\frac{1}{2}$ „          | $1\frac{1}{2}$ „              |
| 2 — 3,5 m. | $1\frac{1}{2}$ „        | 1 „                      | $1\frac{1}{2}$ —2 „           |
| 3,5 — 6 m. | 2 „                     | $1\frac{1}{2}$ „         | 2— $2\frac{1}{2}$ „           |
| 6 — 9 m.   | $2\frac{1}{2}$ „        | $1\frac{1}{2}$ —2 „      | $2\frac{1}{2}$ —3 „           |

### 2. Grubość podpór łukowych:

Przy łękach wzniesionych i ostrołukowych —  
od 1 : 6 do 1 : 5,5 rozpiętości

„ „ półkulistych — 1 : 5,5 do 1 : 5 „

Przy  $f$  nie mniej 1 : 4 rozpiętości —

1 : 4,5 do 1 : 4 „

„  $f$  „ „ 1 : 8 „ 1 : 4 do 1 : 3,5 „

Przy wysokości podpór większej 2,5 m., wskazane grubości należy powiększyć na  $\frac{1}{6}$  wysokości.

Przy podporach znacznie obciążonych grubość ich **może** być nieco zmniejszona.



## 3. Sklepienia krzyżowe:

| Rozpiętość | Grubość w lunetach  |                     | Grubość w sklepieniach |                  |
|------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------|
|            | W zworniku          | W węzłowiach        | W zworniku             | W węzłowiach     |
| do 6 m.    | $\frac{1}{2}$ cegły | $\frac{1}{2}$ cegły | 1 cegła                | 1 cegła          |
| 6 — 9 m.   | $\frac{1}{2}$ „     | • 1 „               | 1 „                    | $1\frac{1}{2}$ „ |
| 9 — 18 m.  | 1 „                 | $1\frac{1}{2}$ „    | $1\frac{1}{2}$ „       | 2 „              |

Sklepienia krzyżowe nie obciążone (naprz. kościelne) mogą mieć w lunetach grubość  $\frac{1}{2}$  cegły nawet przy rozpiętości większej 9 m.

Grubość podpór:

przy półkulistych sklep. krzyż.  $\frac{1}{6}$  do  $\frac{1}{4}$  } rozpiętości  
 „ wzniesionych „ „  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{2}$  } przekątnej

Przy wysokości podpór większej 2,5 — 3 m. grubość winna być zwiększoną na  $\frac{1}{10}$  —  $\frac{1}{8}$  wysokości.

## 4. Sklepienia kopulaste i żaglaste:

| Rozpiętość         | do 4 m.             | 4 — 6 m. | 6 — 8 m.         | 8 — 10 m. |
|--------------------|---------------------|----------|------------------|-----------|
| Grubość w zworniku | $\frac{1}{2}$ cegły | 1 cegła  | 1 cegła          | 1 cegła   |
| „ w węzłowiach     | $\frac{1}{2}$ „     | 1 „      | $1\frac{1}{2}$ „ | 2 „       |

Kopuła Panteonu w Rzymie przy rozpiętości 43,4 m. posiada grubość: w zworniku  $\frac{1}{30}$  w węzłowiach  $\frac{1}{7}$  rozpiętości. Kopuła Św. Zofji w Konstantynopolu: rozpiętość 31,5 m., grubość w zworniku  $\frac{1}{52}$  w węzłowiach  $\frac{1}{8}$  rozpiętości. Grubość podpór kopuły od  $\frac{1}{6}$  do  $\frac{1}{8}$  rozpiętości (w kośc. Św. Piotra w Rzymie —  $\frac{1}{11}$  rozpiętości).

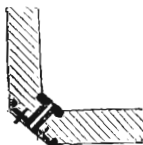
## 1. Ściany rozworowe.

**α. Ściany rozworowe drewniane:** podłużnice umieszczają się na wysokości 0,5 m. od powierzchni ziemi; w budynkach zwykłych, lekkich, posiadają wymiary  $21 \times 12$  cm., w średnich zaś —  $21 \times 16$  cm.

Słupy w odstępach — 1 m.—1,25 m. wymiary poprzeczne  $11 \times 12$  cm. do  $12 \times 16$  cm., słupy narożne —  $16 \times 16$  cm. do  $21 \times 21$  cm.; pole pomiędzy łąty—1,2 do 1,5 m.<sup>2</sup>; pola narożne od 1,3 do 1,6 m. szerokie zaopatrza się w zastrzały, nachylenie zastrzału —  $\frac{1}{6}$ .

**β. Ściany rozworowe żelazne** (rys. 178 i 179).

Na szkielet żelazny, dla wypełnienia go murem  $\frac{1}{2}$  cegły grubym, używają na kolumny (słupy) i rozwory dwuteownik № 14, na płatwy, ramy oraz otwory, dla drzwi i okien, żelazo koryłkowe № 14. Jeżeli mur jest mocno oparty w kolumnach, to na rozwory są dostateczne kątowniki. Przy odległościach kolumn jedna od drugiej nie więcej 1,25 m., rozwory stawiają tylko przy otworach na drzwi i okna; dla przeciwdziałania parciu w kierunku poziomem służą zastrzały; ustrój narożników—na rysunkach.



Rys. 178.



Rys. 179.

## γ. Warstwy izolacyjne.

Warstwy izolacyjne winny być położone powyżej ziemi, co najmniej 0,15—0,3 m.

1. Warstwa izolacyjna z asfaltu naturalnego — od 1 do 4 cm. gruba; na każdy 1 cm. grubości i 1 m.<sup>2</sup> trzeba: masy asfaltowej 16 kg., piasku — 10 kg.

2. Warstwa z asfaltu sztucznego; na każdy 1 m.<sup>2</sup> i 1 cm. grubości trzeba — smoły pogazowej 4,5 kg., kalafonji 0,7 kg., wapna 0,005 m.<sup>3</sup>

3. Blacha ołowiana — 1,6 mm. gruba, waga 18,2 kg./m.<sup>2</sup>.

4. Zaprawa cementowa 1:2; dobrze dodać od  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{6}$  części ciasta wapiennego; skład wskazany na objętość.

### 5. Papa smołowcowa.

Mury piwniczne od wilgoci bocznej zabezpiecza się od zewnątrz powłoką gudronową lub obrzutką z zaprawy cementowej.

## m. Dachy.

α. **Łacenie:** łąty 6—8 m. długie, przekrój poprzeczny  $4 \times 6,5$  cm. lub  $5 \times 8$  cm.; strata w odcinkach 5%.

Odstępy pomiędzy środkami łąt:

- przy kryciu dachówką:
1. zwykłą—od 14 do 20 cm.
  2. holendrówką—23,5—31,5 cm.
  3. łupkiem angielskim—18—35 cm.

β. **Szalowanie deskami:** — deski 2—2,5 cm. grube; pod łupek i blachę szalują układając deski z odstępami pomiędzy sobą 1 cm., deski przybijają albo bezpośrednio do krokwi, albo do poprzecznic drewnianych, umocowanych do krokwi i ułożonych jedna od drugiej w odległości od 1 do 1,25 m.; w pierwszym wypadku deski szalowania układają w kierunku prostopadłym do kierunku krokwi w drugim—w kierunku równoległym do krokwi.

γ. **Krokwie:** długość od 3,5 do 5 m., zwykle około 3,8 m., odstępy między środkami:

1. pod dachówkę pojedynczą — od 1 do 1,1 m.
2. „ „ podwójną — 0,9 — 1 m.
3. pod łupek — 1 — 1,25 m.
4. pod warstwiec (holzcement) — 0,7 — 0,8 m.
5. pod pokrycie asfaltowe — 0,8 — 0,9 m.

Przy podanej powyżej długości krokwi i odstępach pomiędzy nimi, zwykły przekrój krokwi  $10 \times 14$  cm., pod warstwiec —  $13 \times 16$  cm. Przy pokryciu lekkim i długości krokwi 5 m., dostatecznie stawić krokwie 16 cm. wysokie.

### δ. Wiązanie dachowe drewniane (dwuchylne).

Drewniane wiązanie dachowe składa się z pary krokwi złączonych ze sobą u grzbietu dachu na czob widlasty, stopy zaś krokwi umocniają na wrąb do podstopnicy (murlatu), środki długości krokwi ściągają jętką, lub stopy krokwi wciosują na czob do jęty nad podstopnicą; jętka łączy się z krokwią na wcios—jaskółczy ogon;

typy wiszących wiązań dachowych patrz str. 233, rys. 146 — 150.

Przy istnieniu podpory pod grzbietem — środkowej ściany murowanej lub belki (płatwy) ułożonej na słupach, jętka lub jęta stają się zbyteczne i w tym wypadku środki krokwi podpierają zastralami.

### e. Wiazania dachowe żelazne.

Metody obliczeń statycznych wiązań dachowych żelaznych przytoczone powyżej (patrz str. 235, rys. 151—155). Wiazania (dźwigary) ustawiają z odstępami między sobą 3—4 m.; osie prętów zbiegających się do jednego węzła winne przecinać się w jednym punkcie. Pas górny dźwigara zależy od kształtu dachu, bywa on prosty, krzywy lub w linię łamaną i składa się z profili:  lub , przytem kształtowniki te układają z pewnym odstępem jeden od drugiego; niezmiennosc odstępu tego utrzymuje się wkładką; odstęp ten pomimo że ułatwia ustrój węzłów, jednocześnie zwiększa wytrzymałość pasa na wyboczenie. Pas górny robią z kątowników przy rozpiętościach nie większych 25 m.

Pas dolny, przy dachach dwuchylnych, średniej stromości, bywa albo poziomy, albo lekko wzniesiony na środku; u dachów stromych, dla zmniejszenia wysokości wiazara, pas dolny przybiera kształty łuku; pas dolny wytwarza się bądź z pary płaskowników, bądź z pary kątowników. Wykratowanie składa się przeważnie z kątowników, przytem stosują na każdy pręt po dwa kształtowniki. Węzły wytwarzają się na płytach węzłowych, które przy prętach podwójnych układają się pomiędzy prętami. Przekrój płyty, ilość i grubość nitów dobiera się zależnie od sił działających na węzeł.

Poduszki pod dźwigary bywają stałe i przesuwane jednocześnie mogą być i przegibne. Dla swobodnego wydłużania się dźwigara, tak pod wpływem zmian temperatury, jak też i przy rozciąganiu się pasa dolnego jedna z poduszek dźwigara winna być ruchomą (przesuwaną). Poduszka stała (nieprzesuwana) łączy się z murem żelaznymi przyciągami; poduszka przesuwana, pod cięższe dźwigary, przy rozpiętościach nie wyżej 20 m. urządza się wyrobieniem wgłębionej gładkiej powierzchni poziomej

w umocowanej do muru płycie; po powierzchni tego wgłębienia dolny pas dźwigara może się przesuwać. Dźwigary o większej rozpiętości i cięższe winny spoczywać jednym końcem na stałej, a drugim na przesuwanej, na kilku wałkach, poduszkach, obydwie zaś poduszki winne być przegibne; waga dźwigarów trójkątnikowych — od 10 do 25 kg./m.<sup>2</sup> planu; na rozszerzalność cieplikową liczą od  $\frac{1}{1200}$  do  $\frac{1}{1000}$  rozpiętości. Dźwigary winny być łączone pomiędzy sobą krzyżowaniem przeciwwiatrowym; krzyżowaniem łączą ze sobą punkty podparcia leżni, co spoczywają na górnym pasie dźwigarów i służą do umocowania deskowania.

### λ. Rynny i rury spustowe.

1. Rynny — pochyłość około 1 : 120; na 1 m<sup>2</sup> dachu w rzucie poziomym liczą średnio od 0,8 do 1 cm.<sup>2</sup> przekroju rynny; w budynkach większych szerokość rynny 20 — 25 cm., głębokość nie mniej 10 cm., w budynkach mniejszych — szerokość 15 — 20 cm., głębokość nie mniej 7 cm. Rynny przymocowują na hakach położonych w odległości 0,8 do 1,25 m. jeden od drugiego. Przednia ścianka rynny winna być niższą od tylnej, aby w razie zapchania się rur spustowych lub w czasie ulewy woda przelewała się na zewnątrz.

2. Rury spustowe — średnica prześwitu 15 — 25 cm; na 1 m.<sup>2</sup> dachu w rzucie poziomym — 1,0 do 1,2 cm.<sup>2</sup> przekroju poprzecznego; rury spustowe przymocowują do ścian za pomocą strzemion (rogaczy) postawionych z odstępami 1,5 — 3 m.; rury spustowe ustawiają w odległości 15 — 25 m. jedna od drugiej.

## n. Schody.

α. Schody główne: w domach mieszkalnych szerokość schodów od 1,3 do 2 m., w budynkach publicznych do 3 m.; wymiary stopni: wysokość — 16 — 17 cm, szerokość — 29 — 31 cm. W schodach ponad 3 m. szerokich, wymiary stopni 15 × 32 cm., stopnie schodów zwykłych 18 × 28 cm., średnio na 1 m. wysokości przypada 6 stopni.

β. Schody podrzędne: szerokość 1 — 1,2 m., wymiary stopni 20 × 26 cm.; najdogodniejsze stopnie 16,5 × 30 cm. Raz obrona stromość schodów winna być zachowaną

przez wszystkie piętra. Jedno ramię winno zawierać w sobie nie mniej 3 i nie więcej 18 stopni, zwykle 12 — 15 stopni; podesty i dojścia od dworu — nie węższe niż ramiona schodów; każde ramię zaopatruje się w poręcz. Wysokość w świetle pomiędzy podestami winna być nie mniej 2,2 m. Za schody ogniotrwałe należy uważać tylko takie, dźwigające części których i stopnie są murowane, kamienne lub żelbetowe. Klatka schodowa winna być należycie oświetlona przez okna i oddalona od każdego punktu budynku nie dalej 25 m.

### O. Stropy.

**a. Stropy drewniane:** odstęp między środkami belek: w składach na rzeczy ciężkie — 0,8 m. i mniej, w mieszkaniach — od 0,8 do 1,10 m.; przyjmując natężenie dozwolone dla sosny  $k_d = 80 \text{ kg./cm.}^2$ , a wagę własną i obciążenie stropu  $500 \text{ kg./m.}^2$  otrzymamy tabelkę przekroju belek:

| Rozpiętość<br>m. | Odstępy między<br>środkami belek |           | Rozpiętość<br>m.                                             | Odstępy między<br>środkami belek |           |
|------------------|----------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------|
|                  | 0,9 m.                           | 1 m.      |                                                              | 0,9 m.                           | 1 m.      |
| 2,50             | 12×15 cm.                        | 12×16 cm. | 5,00                                                         | 18×24 cm.                        | 19×25 cm. |
| 3,00             | 13×17 cm.                        | 13×18 cm. | 6,00                                                         | 21×27 cm.                        | 21×28 cm. |
| 4,00             | 15×21 cm.                        | 16×22 cm. | Przy rozpiętościach większych należy obliczyć nośność belki. |                                  |           |

Przy użyciu belek zzębionych — wysokość ich od  $\frac{1}{15}$  do  $\frac{1}{12}$  rozpiętości, strzałka wygięcia  $\frac{1}{60}$  długości; zęby do 1 m. długie przy wysokości wrąbu =  $\frac{1}{10}$  do  $\frac{1}{8}$  wysokości belki; między zębami wkładają wkładki żelazne z blachy.

Belki sklinione — kliny z drzewa twardego; przy wysokości belki złożonej  $h$ , odstęp między klinami = od  $h$  do  $2h$ , szerokość klina  $0,5h$ , wysokość —  $0,1h$ ; belki winne być ześrubowane.

Przy znacznych rozpiętościach zastosowują rozpornie i wieszary; pochyłość zastrzałów, tak w rozpornicach

jak w wieszarach, do poziomu od  $25^\circ$  do  $60^\circ$ , jednak zaleca się trzymać się granic ciśniejszych, od  $30^\circ$  do  $45^\circ$ .

Długość oparcia belki na podporze 25—30 cm. Końiec belki nie powinien przyłykać bezpośrednio do muru, winna być zostawiona swobodna przestrzeń 2,5 do 4 cm. szeroka wokoło, zwłaszcza zaś od storcowej strony belki; dla przewietrzania tej przestrzeni należy połączyć ją otworami z wewnętrzną przestrzenią budynku; nadto ochraniają końce belek od zgnicia, owijając je papą, wojłokiem, albo smarując smołą, olejem i t. p.; budulec użyty na belki winien być suchy.

W celu wzajemnego związania ze sobą ścian frontowych, niektóre belki kładą przez całą szerokość budynku; do skotwienia ze sobą ścian służą tylko belki położone nad filarami; ankry żelazne umocowywane na końcach takich belek, są to pręty, zwykle z płaskownika długości 1 — 1,25 m. o przekroju  $1 \times 4$  do  $1 \times 5$  cm.; pręt taki przybija się do belki gwoździami oraz przymocowuje się klamrą wbity przed zgrubieniem wewnętrznego końca pręta; w zewnętrznym końcu pręta wyrabia się oko (petla), w które wkłada się pręt-przetyk 1 m. długi o przekroju  $1,5 \times 4$  cm.; waga takiej go ankry — 5 do 10 kg.

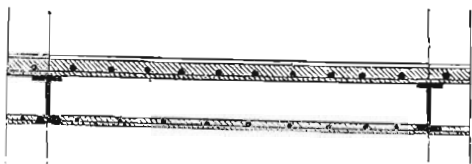
Ściany szczytowe przymocowują do belek podobnemi lecz dłuższymi ankrami sięgającemi przez 3 lub 4 belki; ankry te układają w wzajemnych odstępach 3 do 4 m.; waga takiego ankry 10 — 15 kg.

β. **Stropy niepalne:** belki żelazne — dwuteowniki, długość oparcia ich na murze 25 — 30 cm.; o ile pole oparcia belki małe i przekracza się bezpieczne obciążenie muru k. (str. 246), to pod końce belek podkładają podkładki—płyty kamienne, żeliwne, lub dwuteowniki układając ostatnie wzdłuż ściany, przy jej stronie wewnętrznej. Przestrzeń pomiędzy dwuteownikami zapełniają:

1. Sklepieniem łączastym, o strzałce  $= \frac{1}{8} l$  z cegły  $\frac{1}{2}$  cegły grubym lub sklepieniem z betonu cementowego, ubijanego, grubości 6 — 12 cm., strzałka  $= \frac{1}{10} l$ , skład betonu 1:2:4 nawet 1:3:6.

2. Stropem ustroju Monier'a: α.—płaskim (rys. 180): siatka z żelaza okrągłego, pręty poprzeczne o średnicy

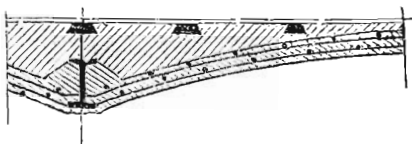
5 — 15 mm., odległość pomiędzy prętami 5 — 20 cm.; pręty podłużne o średnicy 3—8 mm., odstępy między nimi 10 — 30 cm.; w miejscach krzyżowania pręty wiążąją cien-



Rys. 180.

kim drutem; grubość płyty żelbetowej 8 — 20 cm. (odpowiednio do obliczenia); odstępy pomiędzy środkami belek 1,2 do 2,5 m.;

β.—sklepionym (rys. 181), rozpiętość 1,5 — 6 m., strzałka od  $\frac{1}{10}$  do  $\frac{1}{14}$  rozpiętości, grubość sklepienia w zworniku 5 — 8 cm.; siatka żelazna — jak w stropie płaskim (p. α.)



Rys. 181.

3. Stropem płaskim z desek gipsowych, bądź to na belkowaniu drewnianem, bądź to żelaznem; na belkach z drzewa. deski gipsowe układają jak podłogę, zamiast powały, 5 — 7 cm. grube, albo też jako sufit, zamiast podsiębitki, trzcinowania i wyprawy, 2,5 do 3 cm. grube. Dla wytworzenia płaskiego sufitu pod sklepionym stropem na dwuteownikach, układają deski gipsowe, 5 — 7 cm. grube na dolne ramiona belek.

4. Stropem Klein'a: rozpiętość od 1 do 2 m., strop płaski, wytwarza się z cegły zwykłej lub dziurawej w sposób następujący: na płaskim poddeskowaniu układają cegłę na rąb szeregami wpoprzek pola międzybelkowego; w każdą spoinę między szeregami, wypełnioną zaprawą cementową wkłada się taśmownik żelazny, opierający się na belki lub ściany; przestrzeń nad tem stropem do wysokości dwuteowników wypełnia się popiołem, albo beto-



nem żuźlowym, następnie układa się podłoga; waga stropu 220 kg./m.<sup>2</sup>

5. Stropem z blachy głębokofalistej, płaskim lub sklepionym, opartym na dwuteownikach; zagłębienia fal wypełniają z wierzchu betonem cementowym.

## p. Podłoga.

1. **Podłoga z desek:** przy stropach drewnianych deski przybijają wprost do belek. Nad sklepieniami lub też wprost nad ziemią—układają uprzednio legary (10×12 lub 12×15 cm.) w odstępach 0,8 do 1,1 m. W celu zapobieżenia pojawieniu się grzyba, przy układaniu legarów na ziemi, należy wybrać ją do pewnej głębokości i zamienić suchym piaskiem, gruzem budowlanym, gliną i t. p.; najlepszy ustrój podłogi na parterze—ułożyć legary na filarach z cegły (2 — 3 rzędy), a w celu przewietrzania swobodnej pod podłogą przestrzeni, złączyć ją otworami z kominem i pokojem. Podłogę zwykłą na legarach można zastąpić podłogą klepkową ułożoną na asfalcie, który spoczywa na podbetonowaniu lub podbrukowaniu.

2. **Podłoga asfaltowa**—warstwa asfaltu 2 cm. gruba wylewa się lub odrazu na pełną grubość lub w dwie warstwy po 1 cm. grube; asfalt wylewa się na podkład betonowy od 8 do 15 cm. gruby lub na pokład z cegły ułożonej na rąb lub na płask. Podłogi asfaltowe urządzą w piwnicach, kuchniach pralniach, łazienkach, stajniach, na tarasach i t. p., także wylewają chodniki i podwórza. Dla zrobienia 1 m.<sup>2</sup> podłogi asfaltowej 2 cm. grubej trzeba: asfaltu 40 kg., gudronu 2 kg., żwiru drobnego 20 kg.

3. **Podłoga betonowa**—ogólna grubość około 10 cm., a mianowicie, warstwa betonu—8 cm. i warstwa zaprawy cementowej 1,5 do 2 cm.

4. **Podłoga terazzo-wenecka** — układają warstwę betonową 10 cm. grubą; skład betonu — 3½ cz. dachówek tłuczonych, 1 cz. wapna gaszonego i od 1 do 2 części cegły mielonej; po ułożeniu tej warstwy wciska się w nią drobne kawałki marmuru, czasem dodają farb ziemistych i zacierają olejem lnianym. Dla 1 m.<sup>2</sup> podłogi trzeba: 0,11 m.<sup>3</sup> dachówki tłuczonej, 0,04 m.<sup>3</sup> cegły mielonej, 0,06 m.<sup>3</sup> wapna gaszonego, 0,14 kg. marmuru w kawałkach, 0,2 kg. oleju lnianego i od 0,4 do 0,5 kg. farby ziemistej.

## r. Wymiary używane przy projektowaniu budynków.

Podług A. Kamienobrodzkiego, J. Claudel'a, D. Rome'ego, Roschfor'a i innych:

a. **Kościóły:** 1. Katolickie — na siedzenie  $0,47 \text{ m.}^2$ , 1 miejsce stojące  $0,3 \text{ m.}^2$ , szeregi ławek w odstępach  $0,94 \text{ m.}$ , przejście środkowe pomiędzy ławkami—2 do  $2,5 \text{ m.}$  szerokie.

2. Ewangelickie — na 1 siedzenie  $0,42 \text{ m.}^2$ , szeregi ławek w odstępach  $0,84 \text{ m.}$

b. **Szkoły:** 1. Sale wykładowe — na 1 ucznia, stosownie do rodzaju szkoły i wieku ucznia, od  $0,9$  do  $1,8 \text{ m.}^2$ ; 2. Sale rekreacyjne na 1 ucznia—od  $0,5$  do  $1 \text{ m.}^2$ ; 3. Kreslarnia na 1 ucznia — do  $3 \text{ m.}^2$ . Stosunek wymiarów szerokości do głębokości pokoju 2:3 lub 3:4; głębokość pokoju nie więcej  $9 \text{ m.}$ ; w szkołach powszechnych i średnich klasy na 40 — 50 uczniów, w szkołach wyższych na 30—40 osób.

c. **Domy mieszkalne:** szerokość budynku 12—13 m.; drzwi wejściowe dwuskrzydłowe, od  $1,5$  do  $2,25 \text{ m.}$  szerokie i od  $2,75$  do  $4 \text{ m.}$  wysokie (wymiary w prześwicie); drzwi pokojowe, dwuskrzydłowe od  $1,2$  do  $1,5 \text{ m.}$  szerokie i od  $2,25$  do  $3 \text{ m.}$  wysokie; drzwi jednoskrzydłowe w ubikacjach podrzędnych —  $0,95 \times 2 \text{ m.}$  lub  $1 \times 2,1 \text{ m.}$ ; bramy wjazdowe  $2,75 \times 3 \text{ m.}$  lub  $2,90 \times 3,5 \text{ m.}$  nie wliczając oberlichtu; odległość osi okien pomiędzy sobą od  $2,25$  do  $2,75 \text{ m.}$ ; wysokość parapetu okna (podoknia) od  $0,75$  do  $0,9 \text{ m.}$ ; wymiary okien w mieszkaniach—od  $0,90 \times 1,8$  do  $1,25 \times 2,5 \text{ m.}$ ; okna w restauracjach, kawiarniach, sklepach — od  $1,2 \times 2,5$  do  $2 \times 3,5 \text{ m.}$  i większe; wysokość piwnic, suferen—od  $2,5$  do  $3 \text{ m.}$ ; wysokość pokoi mieszkalnych od  $3,2$  do  $4 \text{ m.}$ , wysokość pomieszczeń sklepowych od  $4,5$  do  $5 \text{ m.}$ , wysokość sal restauracyjnych, kawiarni—od  $5$  do  $6,5 \text{ m.}$

d. **Sal widowisk**—na widza najmniej  $0,5 \times 0,75 \text{ m.}$  powierzchni podłogi, ławka od ławki— $0,75 \text{ m.}$

e. **Łazienki.** Celki łazienkowe od 2 do 4 m. długie i  $1,8 \text{ m.}$  szerokie; wymiary wanny: wysokość— $0,7 \text{ m.}$ , długość u góry od  $1,5$  do  $1,8 \text{ m.}$ , szerokość —  $0,8 \text{ m.}$  W pływalniach od 2 do 4  $\text{m.}^2$  na osobę.

f. **Sale jadalne**—od 0,75 do 1,25 m.<sup>2</sup> na osobę.

i. **Szpitala** — na 1 łóżko od 7 do 10 m.<sup>2</sup> podłogi 36 m.<sup>3</sup> przestrzeni; sale oddzielne pożądane nie więcej jak na 10—12 łóżek.

h. **Stajnie.** Powierzchnia zajmowana przez 1 konia od  $2,6 \times 1,3$  do  $2,6 \times 1,45$  m. przy rozdzielaniu od sąsiada drągiem i od  $2,6 \times 1,5$  do  $2,6 \times 1,7$  m. przy rozdzielaniu ściankami; wysokość stajni od 3 do 3,8 m., żłób od 0,35 do 0,4 m. szeroki, postawiony nad podłogą na 1,2 m. drzwi od 1,25 do 2 m. szerokie.

l. **Obory i wołownie.** Dla krów oddzielnie stawianych od  $2,8 \times 1,5$  do  $2,8 \times 1,6$  m.; dla krów z cielętami klatki nie powinny być mniejsze  $3 \times 3$  m. Jeżeli krowy lub woły stoją nie w stanowiskach, a wprost wzdłuż żłobów, to potrzebna powierzchnia:

na małą krowę  $1,15 \times 2,2$  m.

na dużą „  $1,35 \times 2,5$  m.

na woła „  $1,50 \times 3,00$  m.

na byka „  $2,00 \times 3,50$  m.

UWAGA: na 25—35 krów przypada 1 byk.

m. **Chlewnie:** dla prośnej świni — 4,5 m.<sup>2</sup>, dla maciory z 10 — 14 prosiętami od 7 do 9 m.<sup>2</sup>; dla prosiąt od 2-ich miesięcy do 1 roku, wspólnie na 10 — 12 sztuk, od 5 do 6 m.<sup>2</sup>, dla 1—2 letnich na sztukę od 0,9 do 1 m.<sup>2</sup> dla 2—3 letnich na sztukę od 1,2 do 1,6 m.<sup>2</sup>. Dla świń tucznych — od 2,5 do 3 m.<sup>2</sup> na każdą; wysokość chlewni od 2,5 do 3 m.

n. **Owczarnie:** na 1 owcę 0,6 m.<sup>2</sup>, wysokość owczarni od 2,5 do 3 m.

o. **Kurniki:** dla 50 kur powierzchnia 9 m.<sup>2</sup>, wysokość kurnika 2 — 2,2 m., temperatura nie niżej  $+8^{\circ}\text{C}$ . i nie wyżej  $+18^{\circ}\text{C}$ .

p. **Wozownie:** wymiary powozu, bez dyszla — długość 3—4 m., szerokość od 1,1 do 2,2 m., wysokość 3 m.; z dyszlem długość 6,3 m.; wóz drabiniasty z dyszlem od 6,3 do 7,5 m. długi, bez dyszla — od 4 do 5 m. długi i od 1,9 do 2,2 m. szeroki; wrota wjazdowe od 2,5 do 3,2 m. szerokie.

|                                                                                           |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Potrzeba miejsca: dla pługa zwykłego . . .                                                | 1,5 m. <sup>2</sup>           |
| dla pługa systemu Sacha . . .                                                             | 2,3 m. <sup>2</sup>           |
| „ „ wielolemieszowego . . . . .                                                           | 2,5, do 3 m. <sup>2</sup>     |
| dla żniwiarki konnej . . .                                                                | od 12 do 17 m.                |
| dla snopowiązałki . . .                                                                   | od 12 do 16 m. <sup>2</sup>   |
| dla bron drewnianych, żelaznych, zygzakowych, sprzężonych lub talerzowych, gdy leżą . . . | od 2 do 2,5 m. <sup>2</sup>   |
| też, lecz ustawionych pionowo . . . . .                                                   | od 0,5 do 0,7 m. <sup>2</sup> |
| dla siewników . . . . .                                                                   | od 4 do 4,5 m. <sup>2</sup>   |
| dla lokomobili . . . . .                                                                  | od 8 do 12 m. <sup>2</sup>    |
| dla młocarni . . . . .                                                                    | od 20 do 25 m. <sup>2</sup>   |

**UWAGA:** w wyżej wskazanych wymiarach przejścia nie uwzględnione.

- r. Nawóz:** roczna wydajność jednej sztuki wynosi:  
 wołu ewentualnie krowy . . . 13 m.<sup>3</sup>  
 konia . . . . . 9,8 m.<sup>3</sup>  
 owcy lub barana . . . 2,60 m.<sup>3</sup>

#### **s. Parkany drewniane.**

1. Parkany z desek: stojce koło 3 m. długie, w odstępach od 2 do 2,5 m. jeden do drugiego, zakopują w ziemię na głębokość 0,9 m., końce stojców przed zakopaniem opalają i osmarowują smołą; do stojców przybijają deski.

2. Sztachety—stojcy o przekroju od 15 X 15 cm. do 18 X 18 cm. w odstępach 2 m., dwa szeregi rozwórów o przekroju od 10 X 10 cm. do 13 X 13 cm. do których przybijająłaty.

#### **t. Ogrzewanie.**

**α.** Pożądana temperatura wewnętrzna t w mieszkaniach na wysokości głowy człowieka:

w pokojach i salach dla chorych . . . . . 22°C.

w mieszkaniach i biurach . . . . . 20°C.

w sypialniach . . . . . 15°C.

w audytorjach, salach zebrań i więzieniach

(celki) . . . . . 18°C.

|                                               |             |
|-----------------------------------------------|-------------|
| w korytarzach, schodniach, salach wystawowych | 10 do 18°C. |
| w kościołach . . . . .                        | 8 do 12°C.  |
| w ciepłarniach . . . . .                      | 25°C.       |
| w oranżerych . . . . .                        | 15°C.       |
| w łazienkach . . . . .                        | 22°C.       |

β. **Strata ciepła na 1 m.<sup>2</sup> i na godzinę** przez mury, drzwi, okna i t. d. określi się przez:

$W = K (t_1 - t_0)$  ciepłostek na godzinę, gdzie  $K$  — współczynnik przenikania ciepła liczony na 1 m.<sup>2</sup> przegrody t. j. ilość ciepłostek przenikających przez 1 m.<sup>2</sup> przegrody w ciągu 1 godziny przy różnicy 1° między obustronnymi temperaturami;  $t_1$  — temperatura po cieplejszej stronie przegrody,  $t_0$  — temperatura po drugiej stronie.

**Wartość współczynnika  $K$ :**

1. Ściany z cegły.

| Grubość ściany | $\frac{1}{2}$ cegły | 1 cegła | $1\frac{1}{2}$ cegły | 2 cegły | $2\frac{1}{2}$ cegły | 3 cegły |
|----------------|---------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|
|                | 13 cm.              | 25 cm.  | 38 cm.               | 52 cm.  | 67 cm.               | 80 cm.  |
| K              | 2,40                | 1,70    | 1,30                 | 1,10    | 0,90                 | 0,80    |

**UWAGA:** Dla ścian obliczanych kamieniem ciosanym powyższe wartości  $K$  należy zwiększyć o 15%.

2. Ściany pełne z piaskowca, wapniaka i betonu.

| Grubość cm.              | 30   | 40  | 50  | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|--------------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Piaskowiec i beton $K =$ | 2,2  | 1,9 | 1,7 | 1,55 | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 1,10 |
| Wapień $K =$             | 2,45 | 2,1 | 1,9 | 1,70 | 1,55 | 1,40 | 1,30 | 1,20 |

Dla ścian żelbetowych grubości 4 — 6 cm.  $K = 3,50$

" " " " 6 — 8 cm.  $K = 3,00$

" " drewnianych, nie tynkowanych,  
2 do 2,5 cm. grubych. . . .  $K = 2,1$  do 1,9

" " drewnianych obustronnie otynkowanych, 2 do 2,5 cm. grubych  $K = 1,3$  do 1,2

|                                                                                                     |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Ściana — mur pruski $\frac{1}{2}$ cegły gruby . . .                                                 | K = 1,80 |
| Ściana rozworowa, $\frac{1}{2}$ cegły gruba, szkielet żelazny . . . . .                             | K = 3,10 |
| Ściana z blachy żelaznej . . . . .                                                                  | K = 6,00 |
| Ściana z blachy falistej . . . . .                                                                  | K = 7,00 |
| Strop belkowany z pułapem ślepym i polepą zwykłą (nie pełną):                                       |          |
| jako podłoga .                                                                                      | K = 0,35 |
| jako sufit . .                                                                                      | K = 0,50 |
| Sklepienie z posadzką kamienną . . . .                                                              | K = 1,00 |
| Sklepienie z podłogą drewnianą:                                                                     |          |
| jako podłoga .                                                                                      | K = 0,45 |
| jako sufit . .                                                                                      | K = 0,70 |
| Podłoga drewniana ułożona na legarach, na ziemi, z pustymi przestrzeniami między legarami . . . . . | K = 0,80 |
| Posadzka drewniana ułożona na asfalcie .                                                            | K = 1,00 |
| Posadzka kamienna ułożona na ziemi . .                                                              | K = 1,40 |
| Płyty betonowe 10 cm. grube, zwierzchu pokryte linoleum'em, z dołu otynkowane . . . . .             | K = 1,80 |
| Jak wyżej lecz z pustą przestrzenią:                                                                |          |
| jako podłoga .                                                                                      | K = 0,60 |
| jako sufit . .                                                                                      | K = 1,20 |
| Okno pojedyncze . . . . .                                                                           | K = 5,00 |
| Okno podwójne . . . . .                                                                             | K = 2,30 |
| Okno w suficie pojedyncze . . . . .                                                                 | K = 5,30 |
| „    „    podwójne . . . . .                                                                        | K = 2,40 |
| Drzwi drewniane . . . . .                                                                           | K = 2,00 |
| Ścianki gipsowe na siatce:                                                                          |          |
| 4 — 6 cm. grube .                                                                                   | K = 3,00 |
| 6 — 8 cm. grube .                                                                                   | K = 2,40 |
| Dach pokryty papą, oszalowanie—deski 1", bez izolacji (otuliny) . . . . .                           |          |
| K = 2,13                                                                                            |          |
| Jak wyżej lecz z otuliną korkową, 3 — 6 cm. grubą . . . . .                                         |          |
| K = 0,93 do 0,6                                                                                     |          |
| Dach pokryty blachą żelazną, bezotuliny .                                                           |          |
| K = 2,27                                                                                            |          |
| Jak wyżej lecz z otuliną korkową 3—6 cm. grubą . . . . .                                            |          |
| K = 0,98 do 0,6                                                                                     |          |
| Dach kryty dachówką, bez oszalowania i bez otuliny . . . . .                                        |          |
| K = 4,85                                                                                            |          |

Jak wyżej lecz z otuliną korkową 3—7 cm.

grubą . . . . . K = 1,25 do 0,7

Dach kryty blachą falistą bez oszalowania

i otuliny . . . . . K = 10,40

Jak wyżej lecz z otuliną korkową, 3—6 cm.

grubą . . . . . K = 1,43 do 0,77

Dach kryty płytą betonową 8 cm. grubą i po-

kryty papą . . . . . K = 2,6.

Przy zwilżaniu powietrza, na wyparowanie 1 kg. wody trzeba 600 ciepłostek.

Dla podwyższenia na 1°C. temperaturę 1 m.<sup>3</sup> powietrza trzeba 0,31 ciepłostek.

Straty ciepła obliczane na zasadzie współczynników powyższych należy powiększyć przez dodatki odsetkowe: dla powierzchni zwróconych ku północy, wschodowi i północo-zachodowi—10 do 15%, dla pomieszczeń narożnych—5 do 20%; przy wysokości pomieszczenia ponad 4 m. na każdy 1 m. wysokości ponad 4 m.—2 do 2½%, lecz ogólny dodatek — nie więcej 20%; dla pomieszczeń ogrzewanych nie codziennie — dodatek od 16 do 20%. Nadto należy uwzględnić straty ciepła przy przewietrzaniu (wentylacji).

7. **Ogrzewanie piecami:** piece dzielają — 1. nagrzewające się szybko lecz nietrwale, 2. — nagrzewające się powoli lecz trwale i 3. — piece jednocześnie ogrzewające i przewietrzające. Dobry piec winien być sprawny, a mianowicie: 1. należyście wyzyskiwać ciepło zawarte w paliwie, 2. czas na zagranie nie powinien być długi, 3. w pokojach mieszkalnych piec winien posiadać znaczną pojemność cieplikową i nie szybko ostygąć lub móżd palić się bez przerwy, 4. zewnętrzna powierzchnia pieca nie powinna nadmiernie rozpalać się, by pył powietrza nie przypalał się, a mieszkańcy nie oparzali się, 5. cieplikowa wydajność winna być dostosowaną do strat ciepła, 6. nie dawać dymu i czadu, 7. sadzanie paliwa, podpalanie, oczyszczenie od popiołu i sadzy winno być łatwe i proste, 8. piec nie powinien być zbiornikiem kurzu i nie powinien szpecić pomieszczenia.

Wydajność cieplikowa pieców na 1 m.<sup>2</sup> powierzchni:

1. Pieca kaflowego od 500 do 600 cpl./godz.

2. Piece żeliwne, opalane z przerwami, a więc mocno rozżarzane do 2500 cpl./godz.

3. Piece żeliwne, zasypne, opalane bez przerwy od 1500 do 2000 cpl./godz.

UWAGI: 1. Jako powierzchnię czynną pieca należy liczyć jej część istotnie nagrzewającą się (osłaniającą kanały spalinowe).

2. Nażebrowanie czynnej powierzchni pieca zwiększa wydajność średnio o 25%.

W przybliżeniu liczą: dla 100 m.<sup>2</sup> lokalu mieszkalnego winno przypadać powierzchni ogrzewania pieca:

1. Przy piecach o pojemności nietrwałej od 1,2 do 3 m.<sup>3</sup>.

2. Przy piecach o pojemności trwałej—od 4 do 6 m.<sup>3</sup>.

3. Przy piecach dla jednoczesnego ogrzewania i przewietrzania — od 2,5 do 6 m.<sup>3</sup>.

## δ Ogrzewanie centralne.

Ogrzewanie centralne bywa:

1. Ogrzewanie wodą niżej 100°C.—zwykle 90°C.

2. Ogrzewanie wodą wyżej 100°C. — zwykle 130°C.,

wcdług systemu Perkins'a—od 150 do 160°C

3. Ogrzewanie parowe niskoprężne—do 0,3 atm.

4. Ogrzewanie parowe wysokoprężne—do 5 atm.

5. Ogrzewanie paro-wodne

6. Ogrzewanie powietrzne.

Zazwyczaj projektowanie i wykonanie centralnego ogrzewania uskutecznia się przez fachowe firmy, z tego powodu szczegółów urządzeń i ich obliczeń nie przytacza się.

W przybliżeniu liczą iż na 100.<sup>3</sup> lokalu winno przypadać powierzchni ogrzewającej:

1. Dla lokali biurowych i mieszkalnych, przy 2-ch ścianach zewnętrznych, przy ogrzewaniu wodnem—12 m.<sup>2</sup>, przy ogrzewaniu parowem od 6 do 8 m.<sup>2</sup>.

2. Dla lokali biurowych i mieszkalnych o jednej ścianie zewnętrznej, przy ogrzewaniu wodnem od 8 do 12 m.<sup>2</sup>, przy ogrzewaniu parowem od 5,5 do 7 m.<sup>2</sup>.

3. Dla sal fabrycznych, oświetlonych z góry, przy ogrzewaniu parowem od 5 do 6 m.<sup>2</sup>

4. Dla ogrzewania kościołów—2 m.<sup>2</sup>



Wydajność ciepła na 1 godzinę i na 1 m.<sup>2</sup> powierzchni grzejnika (średnio):

| Grzejniki               | Ogrzew. wodą      |                   | Ogrzewanie parą  |               |        |
|-------------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------|--------|
|                         | poniżej<br>100°C. | powyżej<br>100°C. | nizko-<br>prężne | wysoko prężne |        |
|                         |                   |                   |                  | 1 atm.        | 2 atm. |
| Rury żeberkowe . . .    | 320               | 420               | 580              | 750           | 900    |
| „ okrągłe . . . .       | 300               | 390               | 540              | 700           | 840    |
| Piece cylindr. z blachy | 450               | 600               | 800              | 1000          | 1300   |
| „ „ okryte .            | 400               | 550               | 750              | 820           | 1150   |
| Piece z rur ciągniętych | 400               | 520               | 720              | 960           | 1150   |
| „ „ okryte . .          | 320               | 420               | 620              | 800           | 1000   |
| Temperatura . . . . .   | 70°C.             | 110°C.            | 100°C.           | 120°C.        | 135°C. |

Wydajność na 1 godzinę kotła z 1 m.<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej, stykającej się ze spalinami:

1. Przy ogrzewaniu wodnem — od 6000 do 7000 ciepł./godz.
2. Przy ogrzewaniu parowem, nizko prężnem — 8000 ciepł./godz.
3. Przy ogrzewaniu parowem wysoko prężnem — 10000 ciepł. godz.

## u. Przewietrzanie.

W przestrzeniach zamkniętych, stale zamieszkałych lub w których przebywają ludzie czasowo, powietrze psuje się, a mianowicie zagrzewa się ciepłem wydzielanem przez ludzi, przyrządy oświetlające i t. p. i zanieczyszcza się się pyłem, dymem i t. p. i z czasem staje się niezdatnem do oddychania i szkodliwem dla zdrowia, należy je zatem zastąpić powietrzem świeżem.

|                                          |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| w szpitalach, izby chorych dla dorosłych | 80 m. <sup>3</sup>      |
| " " " " dzieci . . . . .                 | 40 m. <sup>3</sup>      |
| w salach więziennych . . . . .           | 10 m. <sup>3</sup>      |
| w jednoosobowych celkach więziennych     | 15 — 22 m. <sup>3</sup> |
| w salach zebrań . . . . .                | 20 m. <sup>3</sup>      |
| w klasach, zależnie od wieku uczniów .   | 10 — 25 m. <sup>3</sup> |

|                                  |                         |                                     |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Pokoje dla chorych dorosłych .   | 75 m. <sup>2</sup>      | } na każdą osobę<br>i jedną godzinę |
| " " " dzieci .                   | 35 m. <sup>2</sup>      |                                     |
| Klasy dla dzieci do 10 lat . . . | 10 — 17 m. <sup>2</sup> |                                     |
| " " " powyżej 10 lat.            | 16 — 28 m. <sup>2</sup> |                                     |
| Sale zebrań . . . . .            | 17 — 30 m. <sup>2</sup> |                                     |
| Teatry, sale koncertowe . . .    | 25 — 30 m. <sup>2</sup> |                                     |
| Koszary, więzienia . . . . .     | 20 — 30 m. <sup>2</sup> |                                     |

|                                                                |      |                             |                          |
|----------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|--------------------------|
| Szpitala:                                                      | {    | chory zwykły . . . . .      | 70 m. <sup>3</sup>       |
|                                                                |      | ranny . . . . .             | 80 — 100 m. <sup>3</sup> |
|                                                                |      | w czasie epidemji . . . . . | 150 m. <sup>3</sup>      |
| Więzienia . . . . .                                            |      |                             | 50 m. <sup>3</sup>       |
| Fabryki zwykłe . . . . .                                       |      |                             | 60 m. <sup>3</sup>       |
| Przy fabrykacjach zanieczyszczających po-<br>wietrze . . . . . |      |                             | 100 m. <sup>3</sup>      |
| Koszary . . . . .                                              | 30 — |                             | 50 m. <sup>3</sup>       |
| Teatry . . . . .                                               | 40 — |                             | 50 m. <sup>3</sup>       |
| Salę zebrzań dłuższych . . . . .                               |      |                             | 60 m. <sup>3</sup>       |
| Szkoły dla dzieci młodszych . . . . .                          | 12 — |                             | 20 m. <sup>3</sup>       |

|                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| Szkoły dla starszych . . . . . | 30 — 40 m. <sup>3</sup>   |
| Stajnie (na 1 konia) . . . . . | 180 — 200 m. <sup>3</sup> |

δ. **Przenikanie samoistne (naturalne) dla powietrza na 1 godzinę przez 1<sup>o</sup> m. powierzchni przy przegrodzie 1 m. grubej i przy różnicy ciśnienia 1 kg./m.<sup>2</sup> na różnych stronach przegrody:**

|                                        |                          |
|----------------------------------------|--------------------------|
| przy przegrodzie z piaskowca . . . . . | 0,000124 m. <sup>3</sup> |
| z cegły . . . . .                      | 0,000201 m. <sup>3</sup> |
| z klinkieru polewanego . . . . .       | 0,000                    |
| „ nie polewan. . . . .                 | 0,000907 m. <sup>3</sup> |
| z betonu . . . . .                     | 0,000258 m. <sup>3</sup> |
| zaprawa cementowa . . . . .            |                          |
| bez piasku . . . . .                   | 0,000137 m. <sup>3</sup> |

## TABELA 59.

Prędkość ruchu powietrza m/sek. w kanałach pionowych przy różnicy temperatur:

| Wysokość<br>m. | 4°   | 8°   | 12°  | 16°  | 20°  | 30°  | 40°  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5              | 0,49 | 0,69 | 0,84 | 0,96 | 1,07 | 1,28 | 1,45 |
| 10             | 0,64 | 0,98 | 1,20 | 1,37 | 1,51 | 1,81 | 2,05 |
| 15             | 0,85 | 1,20 | 1,47 | 1,67 | 1,85 | 2,22 | 2,51 |
| 20             | 1,10 | 1,38 | 1,68 | 1,93 | 2,14 | 2,56 | 2,89 |
| 30             | 1,20 | 1,70 | 2,06 | 2,36 | 2,62 | 3,14 | 3,55 |

Przewietrzanie samoistne jest niewystarczające, preto należy urządzać przewietrzanie pobudzone przez różnicę temperatur lub mechanicznie przy pomocy nawietrzników i wywietrzników.

Projektowanie i wykonanie przewietrzania pobudzonego zwykle uskutecznia się przez firmy fachowe.

## f. Kominy fabryczne.

Prędkość powietrza wypływającego otworem górnym komina, w zwykłych warunkach otrzymuje wzorem:

$$v = \sqrt{\frac{2g H \alpha (t_1 - t_0)}{(1 + \alpha t_0) (1 + r)}} = \sqrt{\frac{0,072 H (t_1 - t_0)}{(1 + \alpha t_0) (1 + r)}} \text{ gdzie}$$

$H$  — wysokość komina

$g$  — 9.81

$\alpha$  — spólcz. rozszerzalności gazów = 0,00367

$t_1$  — temperatura gazów w kominie od 200° do 350°C.  
zwykle 250° — 300°C.

$t_0$  — temperatura zewnętrzna

$r$  — spólczynnik oporów i tarcia w kominie i kanałach dymowych wzięty odnośnie do wylotu górnego komina.

Wartość  $(1 + r)$  najmniej = 12, dochodzi do 40, najczęściej pomiędzy 20 a 30, średnio 25.

Przy obliczaniu kominów dobre wyniki dają następujące wzory:

$$\begin{array}{l} \text{według Bureau: } P = 100 \omega \sqrt{\frac{H}{10 r}} \\ \text{„ Ser'a: } P = 500 \omega \sqrt{\frac{H}{10 r}} \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{przy } 1 + r = 25. \\ \text{rozwiązania iden-} \\ \text{tyczne.} \end{array} \right\}$$

$P$  — największa waga spalonego na godzinę węgla w kg.

$\omega$  — pole przekroju wylotu górnego komina m.<sup>2</sup>

Wylot górny komina bywa najczęściej  $\frac{1}{5}$  powierzchni rusztów. Przy średnim parowaniu kotłów parowych, wydajności węgla kamiennego 6—7 kg. pary i uwzględniając opory różne dla kotłów zwykłych, powyższe wzory dadzą się wyrazić dla powierzchni ogrzewalnych  $A$  kotłów.

Dla kotłów parowych zwykłych:  $A = 30 d^2 \sqrt{H}$ .

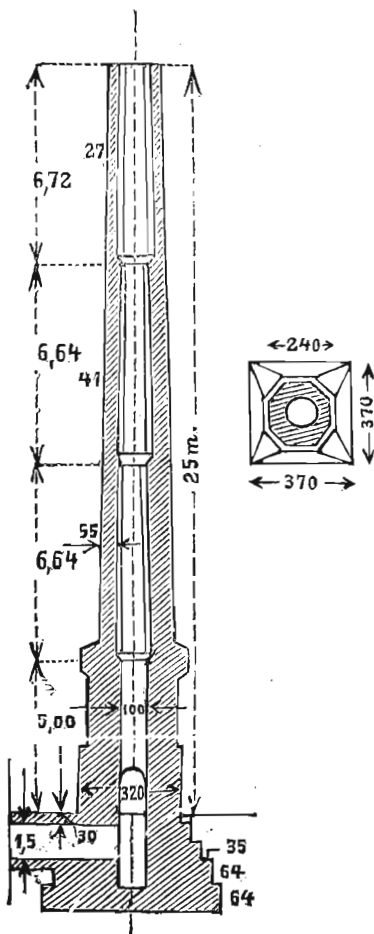
Dla kotłów parowych rurowych:  $A = 25 d^2 \sqrt{H}$ .

$A$  — powierzchnia ogrzewalna kotłów parowych w m.<sup>2</sup>.

$d$  — średnica lub najmniejszy wymiar wylotu górnego komina w m.

Kominy fabryczne murowane składają się zwykle z podstawy i części nawierzchnnej lekko zwężającej się ku górze. Część nawierzchnja składa się zwykle z kilku zon, których ściany ucinają się stopniowo o  $\frac{1}{2}$  cegły.

Wylot górny każdej zony nie powinien być mniejszy od górnego wylotu komina; zwykła wysokość jednej zony 6 — 8 m. Jednostronne zwężanie się części nawierzchni wynosi od 2,5% do 1,8%; wysokość komina zwykle = 25 d. (Rys. 182).



Rys. 182.

## TABELA № 60.

## Kominy fabryczne.

| Średnica<br>wylotu<br>górnego<br>d. m. | Wysokość<br>całkowita<br>komina<br>m. | Powierzchnia<br>ogrzewalna<br>kotła parow. |                                  | Można spa-<br>lić węgla<br>kamieniu.<br>na godzin.<br>P=kg. | Średnica zewn.             |                                              | Ilości z od | Wysokość       |                                        |
|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|-------------|----------------|----------------------------------------|
|                                        |                                       | Zwy-<br>kłego<br>m. <sup>2</sup>           | Ruro-<br>wego<br>m. <sup>2</sup> |                                                             | nad<br>pod-<br>staw.<br>m. | górną<br>przy gru-<br>bości 1<br>cegł.<br>m. |             | Podstawy<br>m. | Części<br>na-<br>wierz-<br>chnej<br>m. |
| 0,40                                   | 10                                    | 15                                         | 12                               | 40                                                          | 1,25                       | 0,95                                         | 1           | 2              | 8                                      |
| 0,50                                   | 10                                    | 24                                         | 20                               | 60                                                          | 1,35                       | 1,05                                         | 1           | 2              | 8                                      |
| 0,60                                   | 15                                    | 42                                         | 35                               | 110                                                         | 1,70                       | 1,15                                         | 2           | 3              | 12                                     |
| 0,70                                   | 15                                    | 57                                         | 47                               | 150                                                         | 1,80                       | 1,25                                         | 2           | 3              | 12                                     |
| 0,80                                   | 20                                    | 85                                         | 70                               | 225                                                         | 1,90                       | 1,35                                         | 2           | 4              | 16                                     |
| 0,90                                   | 20                                    | 108                                        | 90                               | 285                                                         | 2,00                       | 1,45                                         | 2           | 4              | 16                                     |
| 1,20                                   | 30                                    | 235                                        | 195                              | 620                                                         | 2,60                       | 1,75                                         | 3           | 6              | 24                                     |
| 1,30                                   | 30                                    | 275                                        | 230                              | 725                                                         | 2,70                       | 1,85                                         | 3           | 6              | 24                                     |
| 1,60                                   | 40                                    | 485                                        | 405                              | 1270                                                        | 3,30                       | 2,15                                         | 4           | 8              | 32                                     |
| 1,70                                   | 40                                    | 550                                        | 455                              | 1430                                                        | 3,40                       | 2,25                                         | 4           | 8              | 32                                     |

## w. Wodociągi i kanalizacja.

a. **Wodociągi.** Twardość wody określa się w stopniach francuskich, angielskich lub niemieckich. Twardość roztworu złożonego z 1 części CaO (tlenku wapniowego) i 100000 części wody dystylowanej, jest niemieckim stopniem twardości wody.

1 stopień niem. = 1,25 st. angielski. = 1,79 st. franc.

Woda miękka — przy 10 st. niem. i mniej.

Woda średnio twarda — od 10 do 20 st. niem.

Woda twarda — 20 st. niem. i więcej.

Woda twarda jest niezdatną do gotowania strawy, do mycia, prania i wogóle do czynności połączonych z użyciem mydła.

Twardość wody nie powinna być większą: dla kotłów parowych rurowych od 6 do 7 st. niem., dla kotłów parowych zwykłych — 12 st. niem.

**Oczyszczenie wody** przeprowadza się za pomocą filtrów. Najwięcej rozpowszechniony sposób, to jest filtrowanie wody przez warstwę piasku ułożonego w zbiornikach. Przy filtrowaniu wody w filtrach angielskich (poziomych), prędkość przeciekania wody przez filtr winna być nie większą nad 75 — 125 mm. na godzinę przy wysokości ciśnienia wody od 0,75 do 1 m.; przytem na filtrze będzie zatrzymano do 99% bakterij. Dla przefiltrowania 1000 m.<sup>3</sup> wody w ciągu 1 doby trzeba od 350 do 500 m.<sup>2</sup> powierzchni filtrów.

W filtrach amerykańskich (pionowych) filtrowanie przeprowadza się stosunkowo z wielką prędkością przeciekania wody, a mianowicie 4 do 5 m. na godzinę, ale w tym wypadku przed filtrowaniem wody przez filtr amerykański, woda winna być oczyszczona sposobem chemicznym. Powierzchnia filtrów amerykańskich jest w 40 do 50 razy mniejsza od powierzchni filtrów angielskich.

Jeżeli oczyszczenie wody za pomocą filtrów będzie uważane za niedostateczne, to dodatkowo oczyszczają wodę utleniając ją ozonem (O<sub>3</sub>).

Przy obliczeniach wodociągów, średni rozchód wody na 1 mieszkańca i 1 dobę przyjmują:

|                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| Dla miast poniżej 50 tys. mieszkańców | 50 — 60 l.    |
| " " od 50 do 100 tys.                 | " 60 — 70 l.  |
| " " „ 100 „ 200 tys.                  | " 70 — 90 l.  |
| " " nad 200 tys.                      | " 90 — 160 l. |

Największy rozchód wody na dobę jest w 1½—2 razy większy od średniego na dobę; największy rozchód wody na godzinę przyjmuje się = podwójnemu średniemu rozchodowi na godzinę.

Ilość mieszkańców określa się według wzoru:

$$A = a (1 + 0,01 r)^n \text{ gdzie}$$

a — ilość mieszkańców w czasie budowy wodociągu lub kanalizacji.

r — % zwiększenia się ludności = od 2 do 3.

n — przyjęta pod uwagę przy projektowaniu ilość lat, zwykle od 15 do 25.

UWAGA: wyżej wskazane ilości wody na 1 mieszkańca i dobę obejmują wszystkie potrzeby gospodarcze ludności, polewanie ulic i t. p. za wyjątkiem potrzeb na cele przemysłowe i na fontany.

W niektórych miastach, na dobę i mieszkańca, dostarcza się następująca ilość wody w litrach (dane przedwojenne):

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Rzym . . 944 l.   | Londyn . . 95 l.  |
| New-Jork 570 l.   | Paryż . . 90 l.   |
| Marsylja . 180 l. | Bruksella . 80 l. |
| Bordeaux 170 l.   | Warszawa. 75 l.   |
| Genewa . 120 l.   | Berlin . . 65 l.  |

### Bieg wody w rurach.

Oznaczenia:

$\underline{d}$  — średnica wewnętrzna rury w m.

$\underline{h}$  — wysokość ciśnienia wody na 1 m. b. długości rury

$\underline{v}$  — prędkość średnia biegu wody.

$\underline{\lambda}$  — współczynnik zależny od średnicy i rodzaju powierzchni wewnętrznej rury.

Wzór Darcy:  $\frac{d \cdot h}{2} = \lambda \cdot v^2$ ; wzór ten jest wynikiem

blisko 200 doświadczeń nad biegiem wody w rurach przy zmiennej prędkości od 0,03 do 6 m.

Dla rur żeliwnych i z żelaza kutego (ciągnionych).

wewnątrz zupełnie czystych  $\lambda = 0,000507 + \frac{0,00001294}{d}$ .

Dla rur na wewnątrz smołowanych  $\lambda = 0,676$ .

Dla rur w użyciu ciągłym, przy małym osadku  $\lambda_1 = 2\lambda$ ,

Oznaczając przez  $Q$  — objętość w m.<sup>3</sup> wypływu wody na sekundę otrzymamy:

$$V_0 = \frac{4}{\pi \cdot d^2} \cdot Q \quad \text{ i } \quad h = \frac{32 \lambda}{\pi^2 \cdot d^5} \cdot Q^2$$

przyjmując  $\frac{32 \lambda}{\pi^2 \cdot d^5} = \alpha$

$$h = \alpha \cdot Q^2; \quad \alpha = \frac{h}{Q^2}; \quad Q = \sqrt{\frac{h}{\alpha}}$$



## TABELA № 61.

Znaczenia  $\alpha$  obliczone przy  $\lambda$  dla żelaza o powierzchni gładkiej, (dla nowych wodociągów)

| d     | $\alpha$ | d     | $\alpha$ | d     | $\alpha$ | d     | $\alpha$ |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 0,010 | 58395000 | 0,050 | 7937     | 0,125 | 25,32    | 0,300 | 0,73     |
| 0,015 | 5890430  | 0,060 | 3010     | 0,150 | 11,47    | 0,350 | 0,34     |
| 0,020 | 1169250  | 0,070 | 1333     | 0,175 | 5,79     | 0,400 | 0,17     |
| 0,025 | 340175   | 0,080 | 661      | 0,200 | 3,17     | 0,450 | 0,09     |
| 0,030 | 125155   | 0,090 | 357      | 0,225 | 1,85     | 0,500 | 0,06     |
| 0,040 | 26281    | 0,100 | 64,86    | 0,250 | 1,85     | —     | —        |

Dla wodociągów stałych zbudowanych na czas dłuższy i będących w ciągłym użyciu, wartość  $\alpha$  w tablicy należy podwoić, więc w tym wypadku

$$h = 2 \alpha Q^2; 2 \alpha = \frac{h}{Q^2}; Q = \sqrt{\frac{h}{2 \alpha}}$$

Przykład: jaką ilość wody dostarczy wodociąg stały, mający rury długości 1000 m., przy  $d = 0,25$  m. i stanie wody w zbiorniku na 10 m. wyższym nad otworem wypływu:  $h = 10 : 1000 = 0,01$ .

$$Q = \sqrt{\frac{0,01}{2 \cdot 1,85}} = \sqrt{0,0027} = 0,052 \text{ m.}^3 \text{ na sekundę}$$

$$\text{lub } 187,2 \text{ m.}^3 \text{ na godzinę; } V_0 = \frac{4 Q}{\pi \cdot d^2} = 1,13.$$

3. **Pompy:** głębokość ssania dla zimnej wody nie  $>$  nad 8 m., dla ciepłej wody znacznie mniej; przy wodzie gorącej pompa winna być zalewana t. j. pomieszczoną poniżej poziomu zbiornika, z którego czerpie wodę.

Objętość wody  $Q$  w m.<sup>3</sup> dostarczonej przez pompy na minutę:

$$1. \text{ Pojedynczo działające } Q = \varphi \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot b.$$

$$2. \text{ Podwójnie działające } Q = \varphi \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot b.$$

gdzie:  $Q$  — objętość wody na minutę w m.<sup>3</sup>

$\varphi$  — współczynnik wydatku wody (0,9 do 0,98).

$b$  — skok tłoka pompy w m.

$n$  — liczba obrotów wału (liczba skoków tłoka).

$d$  — średnica pompy w m.

Średnia prędkość chodu tłoka wynosi zwykle 0,5 m. na sekundę;  $\varphi$  — zwykle — 0,95.

Praca pompowania w koniach

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{60 \cdot 75 \cdot \mu} \text{ gdzie}$$

$\mu$  — współczynnik pracy 0,80—0,93, zwykle—0,85.

$$H = h + h_1 + h_2$$

$h$  — wysokość wody w rurze tłoczącej w m.

$h_1$  — " " " ssącej nie  $>$  7 m.

$h_2$  — wysokość słupa wody, odpowiadająca tarcia wody w pompie i rurach.

Dla zabezpieczenia linii i pompy od uderzeń hydraulicznych, należy, prócz małych powietrzników w które są zaopatrzone zawory tłoczące pompy, stawić ogólny większy powietrznik, objętość którego, przy długich rurach wodociągowych, winna być w 10 — 20 razy większą

od objętości pompy  $= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot b$ ; objętość tego powietrznika tłoczącego, przy rurach długich, obliczają posługując się wzorem:  $V = 0,6 \frac{Q \cdot v \cdot l}{2g \cdot h_1}$  gdzie

$V$  — objętość powietrznika m.<sup>3</sup>

$v$  — prędkość wody w rurze, zwykle 0,6 m. i nie więcej 2 m.

$l$  — długość rur tłoczących m.

### γ. Kanalizacja.

1. Przy urządzeniu kanalizacji mogą być zastosowane dwa następujące systemy.

a. System angielski — kanały ogólne dla odpływu wody kanalizacyjnej domowej, z zakładów przemysłowych i atmosferycznej.

b. System amerykański — kanały dla wody atmosferycznej oddzielne.

Ilość osadów atmosferycznych — od 80 do 150 l. na 1 ha. w sek. Dla określenia ilości wody atmosferycznej, odpływającej po ściekam, należy ilość osadów atmosferycznych pomnożyć przez współczynnik odpływu (ścieku), który zależy od materiału użytego dla zabrukowania ulic i placów, od charakteru zabudowania miasta i t. p.; współczynnik ten waha się pomiędzy 0,1 do 0,7.

W Niemczech rozchód wody na potrzeby gospodarcze i publiczne, na mieszkańca i dobę, zwykle liczą 100 l., na potrzeby przemysłowe (za wyjątkiem wielkich fabryk) — 40 l. W wielkich miastach, w śródmieściu, na 1 ha. liczą od 600 do 800 mieszkańców, a średnio dla całego miasta — od 100 do 300 mieszkańców na 1 ha.

### 2. Bieg wody w kanałach i rurach.

Oznaczenia:

$U$  — zmoczona część obwodu przekroju kanała — w m.

$F$  — pole przekroju zmoczonej części kanału — m.<sup>2</sup>

$l$  — długość kanału o przekroju jednostajnym — m.

$v$  — prędkość biegu wody, średnia, m./sek.

$h$  — różnica wysokości wody, odpowiadająca końcowym punktom kanału długości  $l$  — m.

$h:l = i$  spadek na 1 m. długości kanału.

$Q = F \cdot V$  — objętość wypływu wody m.<sup>3</sup>/Sek.

$F:U = R$  — promień hydrauliczny, czyli stosunek pola przekroju zmoczonego do obwodu zmoczonego.

$$v = k \sqrt{R \cdot i} = k \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{i} = C \sqrt{i} \text{ gdzie}$$

$C$  — współczynnik zależny od chropowatości powierzchni kanału i promienia hydraulicznego.

$i$  — dla ścieków miejskich — od 0,01 do 0,0004; dla ścieków domowych od 0,06 do 0,01.

Dla określenia  $k$  — Bazin stosuje dwa wzory:

a. wzór Bazin'a dawny

$$k = \frac{1}{\sqrt{\frac{\alpha}{R} + \frac{\beta}{R^2}}}, \text{ wartość współczynników } \alpha \text{ i } \beta \text{ są nastę-}$$

pujące:

| №№ | T Y P Y K A N A Ł Ó W                                                                               | $\alpha$ | $\beta$   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|
| 1. | Kanały o gładkiej powierzchni—ba-<br>le heblowane, cement wygła-<br>dzony . . . . .                 | 0,00015  | 0,0000045 |
| 2. | Kanały o dość gładkiej powierzch-<br>ni—mur z cegły, kamieni ocio-<br>sanych, bale nieheblowane . . | 0,00019  | 0,0000133 |
| 3. | Kanały z chropowatą powierzch-<br>nią — mur z kamieni łamanych                                      | 0,00924  | 0,000060  |
| 4. | Kanały u których łóżysko i ścia-<br>ny — ziemia . . . . .                                           | 0,00028  | 0,00035   |

Oznaczając największą prędkość biegu wody przez  $V_1$ , a prędkość przy dnie kanału przez  $V_0$ ,  $V$  określa się według następującego wzoru:

$$V = \frac{V_1}{1 + 14 \sqrt{\frac{\alpha}{R} + \frac{\beta}{R^2}}} = V_1 - 14 \sqrt{R \cdot i}$$

$$V_0 = V_1 - 20 \sqrt{R \cdot i}; V_0 = V - 6 \sqrt{R \cdot i}.$$

b. Wzór Bazin'a nowy:

$$k = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{R}}$$

**TABELA № 62.**Wartości  $\gamma$ .

| №№ | T Y P Y K A N A Ł Ó W                                                              | $\gamma$ |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. | Kanały o gładkiej powierzchni — cement wygładzony, deski heblowane . . . . .       | 0,06     |
| 2. | Kanały o dość gładkiej powierzchni — mur z cegły, deski nieheblow., rury żeliwne . | 0,16     |
| 3. | Kanały betonowe, rury kamionkowe . . . ,                                           | 0,30     |
| 4. | Kanały z chropowatą powierzchnią — mur z kamienia łamanego . . . . .               | 0,46     |
| 5. | Kanały zwykłe — łożyska i ścianki — ziemia .                                       | 1,30     |

Według Morin'a — największa — nieszkodząca prędkość  $V_0$  wody przy dnie kanału.

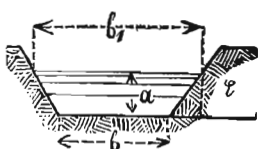
| Gatunek koryta               | Prędkość największa m./sek. | Gatunek koryta         | Prędkość największa m./sek. |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Ziemia miękka, rozpuszczalna | 0,075                       | Grunt kamienny . . . . | 0,90                        |
| Gлина tłusta . .             | 0,150                       | Kamyki rozlep.         | 1,50                        |
| Piasek . . . .               | 0,30                        | Skała warstw. .        | 1,80                        |
| Żwir . . . . .               | 0,60                        | Skała twarda .         | 3,00                        |

## 3 Obliczenie kanałów.

Zwykle objętość wpływu wody  $Q$  jest wiadomą; przy dowolnie wziętej średniej prędkości biegu wody  $V$ , pole przekroju zmoczonej części kanału będzie  $F = Q : V$ , skąd określa się najodpowiedniejsze wymiary tego pola, a więc i obwód zmoczony  $U$ , a zatem i promień hydrauliczny  $R = F : U$ , następnie, zależnie od typu koryta, za pomocą wyżej wskazanych wzorów, określi się wartość  $i$ .

a. Przekrój kanału trapez (rys. 183a.):

Najdogodniejsza głębokość kanału:



$$a = \sqrt{\frac{F \operatorname{Sn} \varphi}{2 - \cos \varphi}}; \quad b = 2a \frac{1 - \cos \varphi}{\operatorname{sn} \varphi}$$

$$b_1 = \frac{2a}{\operatorname{Sn} \varphi}; \quad R = F : U = \frac{a}{2}$$

Rys. 183a.

Dla kanałów ze ściankami okrytymi deskami —  $\varphi = 90^\circ$ ; przy ściankach brukowanych kamieniem  $\varphi = 63\frac{1}{2}^\circ$ .

przy łóżysku i ścianach z ziemi:

1. wzmocnionych —  $\varphi = 45^\circ$

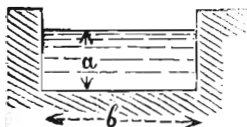
2. niewzmocnionych —  $\varphi = 33\frac{1}{2}^\circ$

przy gruntach słabych, jak piasek —  $\varphi = 26\frac{1}{2}^\circ$

b. Przekrój prostokątny (rys. 183b.): najdogodniejsze pole przy

$$b = 2a.$$

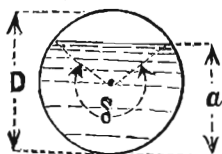
c. Przekrój kanała koło (rys. 184):



Rys. 183b.

$$F = \left( \frac{\delta}{180} \cdot \pi - \operatorname{Sn} \delta \right) \cdot \frac{D^2}{8}$$

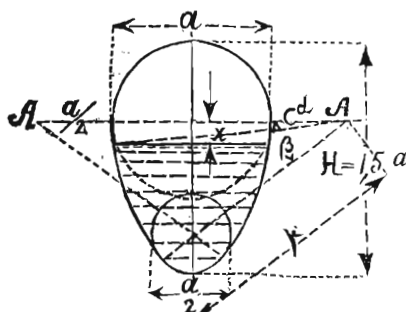
$$U = \frac{\pi D}{2} \cdot \frac{\delta}{180}$$



Rys. 184.

$$a = (1 - \cos) \frac{\delta}{2}$$

d. Przekrój kanału rys. 185:



Rys. 185.

Przy zalaniu kanału wodą do poziomu poniżej linii  $AA$  na wielkość  $X = \frac{3}{2} a \sin \alpha$

$$F = \frac{a^2}{4} \cdot \left[ 3,023 + 12 \sin \alpha - \left( 9,423 \frac{\alpha}{60} + 4,5 \sin 2\alpha \right) \right]$$

$$U = \frac{a}{2} \left( 4,788 - 6,282 \frac{\alpha}{60} \right)$$

kąt  $\alpha$  w stopniach; wzory mają zastosowanie wyłącznie przy  $\alpha \leq \beta$ .

Przy zalaniu kanału do wysokości linii  $AA$ :  $F_1 = 0,75575 a^2$ ;  $U_1 = 2,394 a$ .

Przy całkowitem wypełnieniu kanału od dołu do góry:  $F_2 = 1,1485 a^2$ ;  $U_2 = 3,965 a$ .

Lindley zastosował podany przekrój dla kanałów kanalizacyjnych m. Warszawy; obliczenia przeprowadzał według wzoru:  $\mu V^{1,8} = R^{1,24}$  i, gdzie  $\mu = 0,00025$ .

**z. Oświetlenie elektryczne.**

Dla odpowiedniego oświetlenia pomieszczeń, wypada na 1 m.<sup>2</sup> podłogi liczyć średnio światłostek:

| № № | Pomieszczenia                     | światłost.<br>Ilość<br>na 1 m. <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1.  | <b>Mieszkania:</b>                |                                             |
|     | pokoje bawialne . . .             | od 4 do 5                                   |
|     | „ jadalne . . .                   | 3,5 — 4                                     |
|     | „ mieszkalne . .                  | 3 — 3,5                                     |
|     | „ sypialne . . .                  | 1,5 — 2,5                                   |
|     | „ drugorzędne .                   | 1,5 — 2                                     |
|     | schody . . . . .                  | 1,5 — 2,5                                   |
| 2.  | <b>Biura:</b>                     |                                             |
|     | sale biurowe . . . .              | od 5 do 8                                   |
|     | gabinety . . . . .                | 3 — 4                                       |
|     | ubikacje drugorzędne .            | 1,5 — 3                                     |
| 3.  | <b>Pomieszczenia handlowe:</b>    |                                             |
|     | magazyny . . . . .                | od 4 do 7                                   |
|     | korytarze . . . . .               | 2 — 3                                       |
|     | wystawy . . . . .                 | 30 — 100                                    |
|     | składy . . . . .                  | 2 — 3                                       |
| 4.  | <b>Hotele:</b>                    |                                             |
|     | salony . . . . .                  | od 5 do 10                                  |
|     | lepsze numery . . . .             | 3 — 5                                       |
|     | zwykłe . . . . .                  | 2 — 3                                       |
|     | ubikacje gospodarcze .            | 1 — 2                                       |
|     | restauracja . . . . .             | 5 — 15                                      |
| 5.  | Szkoly . . . . .                  | 5 — 10                                      |
| 6.  | Sale teatralne i koncertowe . . . | 9 — 15                                      |
| 7.  | Sale dla chorych i koszary . . .  | 1 — 2                                       |



## Ilość żarówek przypadających na 1 konia mechanicznego.

| Na 1 światłostkę<br>watt'ów | Ilość żarówek przy ilości świec |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|
|                             | 5                               | 10 | 16 | 25 | 32 | 50 |
| 1 w.—Wolfram .              | —                               | —  | 35 | 24 | 19 | 13 |
| 1,7 w.—Tantalowe            | —                               | 35 | 24 | 15 | 12 | 8  |
| 3,1 w.—węglowa .            | 42                              | 21 | 13 | 8  | 7  | 4  |

## Lampy łukowe.

Powierzchnia w m.<sup>2</sup> na 1 lampę.

|                                                  | Powierzchnia m. <sup>2</sup> na 1 lampę przy<br>wielkości prądu amperów |       |     |        |      |      |      |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------|-----|--------|------|------|------|
|                                                  | 3                                                                       | 4     | 6   | 8      | 9    | 10   | 12   |
| Podwórza fabryczne . .                           | —                                                                       | 500   | 900 | 1400   | 1600 | 2000 | 2700 |
| Dworcy kolejowe . . .                            | —                                                                       | —     | 500 | 700    | 900  | 1100 | 1500 |
| Halle . . . . .                                  | —                                                                       | —     | 200 | 300    | 350  | 400  | 550  |
| Składy fabryczne . . .                           | —                                                                       | 80    | 150 | 230    | 270  | 320  | 405  |
| Gmachy fabryczne . . .                           | 30                                                                      | 50    | 100 | 150    | —    | —    | —    |
| Restauracje, magazyny,<br>sale koncertowe . .    | 15                                                                      | 25    | 45  | 65     | —    | —    | —    |
| Wysokość zawieszenia nad po-<br>dłogą m. . . . . | 2,5-4                                                                   | 2,5-6 | 3-8 | 3,5-10 | 4-11 | 5-12 | 6-14 |

W wytwórniach wszelkiego rodzaju poza oświetleniem ogólnem, należy oświetlać jeszcze poszczególne miejsca pracy, dodając naprz. na każdą obrabiarkę, zależnie od jej wielkości, od 1 do 2-ch żarówek 16 — 25 światł.

## ROZDZIAŁ III.

### BUDOWLE ŻELBETOWE.

#### A. Zasady obliczeń przy zginaniu.

Ponieważ beton wykazuje znaczną wytrzymałość przy ściskaniu i odwrotnie jest mało wytrzymały na rozciąganie, to uzbrojając rozciągające się przy zginaniu części belki betonowej żelazem powiększamy moc belki, bo niekorzystne dla betonu rozciągające natężenia przejmują na się pręty żelazne.

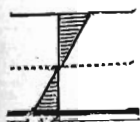
Jak wykazały doświadczenia przeprowadzone przez Consider'a, początkowo, przy obciążeniach niewielkich, beton dopomaga żelazu przejmując na się odpowiednią część natężenia rozciągającego, następnie beton związany z żelazem wyciąga się nie zwiększając prawie swojej części przejętych natężeń i wreszcie, przy powiększeniu obciążenia, beton w części rozciągniętej pęka, okazują się rysy a wszystkie wysiłki rozciągające przejmują wtedy żelazo uzbrojenia, a beton pracuje na ściskanie wyłącznie w ściskającej się części belki.

Jeżeli zwiększać obciążenie dalej, to dosięgnie się granicy kiedy, lub żelazo nie wytrzyma rozciągania i pęknie (rozerwie się), lub beton w części ściśniętej rozproszy się, a belka złamie się. Celem obliczenia statycznego żelbetu, jest dowiedzenie, że budynek względnie jego poszczególne części żelbetowe są wybudowane bezpiecznie; dla osiągnięcia celu tego nie jest potrzebne dokładne określenie wielkości tworzących się natężeń.

Metody przeprowadzania obliczeń były ustalone przez poszczególnych badaczy, na zasadzie następujących przypuszczeń:

Neuman przeprowadzał obliczenia w przypuszczeniu, że współczynnik sprężystości betonu tak przy ściskaniu jak i przy rozciąganiu jest wielkość stała (rys. 186).

Melan, Ostenfeld, Consider i Zanders nadają różne wartości dla współczynników sprężystości przy ściskaniu i rozciąganiu



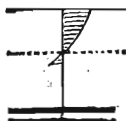
Rys. 186.

betonu; wykresy natężeń podane na rys. 187.



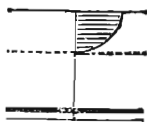
Rys. 187.

Touilli — przyjmuje pod uwagę wytrzymałość betonu na rozciąganie tylko do niejkiej granicy; wykres natężeń (rys. 188).



Rys. 188.

W tych wszystkich wypadkach praca uzbrojenia przy rozciąganiu wykazana w lepszych warunkach, bo przyjęto, że część rozciągających wysiłków przyjmuje beton, czego w rzeczywistości może się i nie zdażyć (wypadek szczelina w betonie), dla tego przy obliczeniu uzbrojenia bezpieczniej liczyć że beton zupełnie nie przyjmuje udziału w przejęciu sił rozciągających:

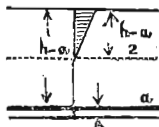


Rys. 189.

Tak traktują sprawę:

1. Ritter — wykres natężeń według którego pokazan na rys. 189.

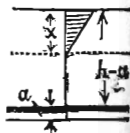
2. Kennen — zmiana natężeń przy ściskaniu proporcjonalna wydłużeniu, oś obojętna ma miejsce stałe — po środku pracującego przekroju belki (rys. 190).



Rys. 190.

3. Sposób normalny, — prawie powszechnie przyjęty, natężenia przy ściskaniu zmieniają się proporcjonalnie do wydłużeń, miejsce osi obojętnej zmienne i określa się osobno dla każdego poszczególnego wypadku (rys. 191).

Posługując się regułą Ritter'a lub Kennen'a otrzymamy natężenia mniejsze dla betonu i większe dla żelaza w stosunku do wielkości natężeń otrzymanych przy sposobie normalnym.



Rys. 191.

Posługując się sposobem normalnym, niżej podane wzory otrzymane przy zastosowaniu następujących przypuszczeń:

1. Pole przekroju poprzecznego belki wciąż zostaje prostopadłem do włókien wyginanej belki.

2. Natężenia są proporcjonalne wydłużeniom.

3. Spółczynnik sprężystości jest wielkość stała (przy natężeniach o jednym znaku).

Stosunek współczynników sprężystości żelaza i betonu przy ściskaniu  $n$  waha się pomiędzy 10 do 20; przy obli-

czeniach żelbetowych przyjmują stale  $n = \frac{E_z}{E_b} = 15$ .

Spółczynnik sprężystości betonu przy rozciąganiu, nie jest wielkość stała; przepisy austriackie i rosyjskie do obliczeń żelbetowych stosowały:

spółczynnik sprężystości żelaza (przy ściskaniu i rozciąganiu) . . . .  $E_z = 2100000 \text{ kg./cm.}^2$

spółczynnik sprężystości betonu przy ściskaniu . . . . .  $E_{bs} = 140000 \text{ kg./cm.}^2$

spółczynnik sprężystości betonu przy rozciąganiu . . . . .  $E_{br} = 56000 \text{ kg./cm.}^2$

i stosunek  $\frac{E_{bs}}{E_{br}} = n_1 = 2,5$  więc  $E_{br} = 0,4 E_{bs}$ .

Według przepisów pruskich  $E_{bs} = E_{br}$ .

## B. Belka lub płyta o przekroju prostokątnym.

(Uzbrojenie pojedyncze).

Oznaczenia:

$d$  — grubość płyty cm.

$h$  — wysokość belki cm.

$b$  — szerokość belki lub szerokość wziętego do obliczenia pasa płyty, zwykle 1 m lub 100 cm., w cm.

$x$  — odległość warstwy obojętnej od najwięcej ściśniętego włókna belki lub płyty cm.

$a$  — odległość osi pręta żelaznego od dolnej powierzchni belki lub płyty cm.

$f$  — ogólna wielkość pola przekroju prętów żelaznych położonych przy dolnej powierzchni belki lub płyty na szerokości  $b$  — cm.<sup>2</sup>

$f_1$  — jak wyżej lecz dla górnego uzbrojenia.

$l_0$  — rozpiętość w prześwicie m.

$l_1$  — rozpiętość teoretyczna m.

$\sigma_b$  — natężenie betonu przy ściskaniu  $\text{kg./cm.}^2$

$\sigma_z$  — natężenie prętów żelaznych przy rozciąganiu  $\text{kg./cm.}^2$

$M$  — największy moment przy zginaniu  $\text{kpcm.}$

$E_b$  — współczynnik sprężystości betonu.

$E_z$  — współczynnik sprężystości żelaza.

$\delta$  — średnica prętów żelaznych w cm.

$i$  — ilość prętów na szerokości  $\underline{b}$ .

$n = E_z : E_b$

$V$  — siła przecinająca  $\text{kg.}$

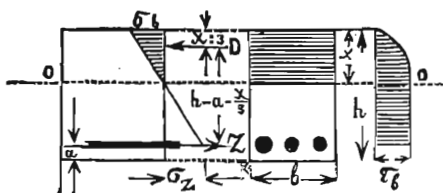
$u$  — suma obwodów przekrojów prętów żelaznych na szerokości  $\underline{b}$  — cm.

$\tau_b$  — natężenia betonu przy przecinaniu  $\text{kg./cm.}^2$

$\tau$  — natężenia przyczepności żelaza do betonu, przypadający na  $1 \text{ cm.}^2$  powierzchni prętów,  $\text{kg./cm.}^2$ .

UWAGA: Tabela prętów żelaznych — w dodatku (patrz dodatek № 1, tabela № 68.

a. Wzory, rys. 192:



Rys. 192.

$$x = \frac{n \cdot f}{b} \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2b(h-a)}{nf}} \right] \dots (1)$$

$$x = \frac{n \sigma_b}{\sigma_z + n \sigma_b} (h-a) \dots (2)$$

$$h-a = \frac{\sigma_z + n \sigma_b}{\sigma_b} \cdot \sqrt{\frac{6M}{n(3\sigma_z + 2n\sigma_b) \cdot b}} \dots (3)$$

$$\sigma_b = \frac{2 M}{b \times \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\sigma_z = \frac{M}{f \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} \dots \dots \dots (5)$$

$$f = \frac{b \cdot x^2}{2n(h-a-x)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

$$f = \frac{\sigma_1 \times b}{2 \sigma_2} \dots \dots \dots (7)$$

$$f = \frac{b \cdot n \cdot \sigma_b^2}{2 \sigma_z (\sigma_z + n \sigma_b)} \cdot (h - a) \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

$$\frac{n \sigma_h}{x} = \frac{\sigma_z}{(h - a - x)} \dots \dots \dots (9)$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} \dots \dots \dots (10)$$

$$\tau = \frac{V}{u \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} = \tau_b \cdot \frac{b}{u} \dots (11)$$

[illegible]

[illegible]

wartości f i u według wzorów (12) i 13) — tabela № 68, dodatek № 1.

UWAGA: w płytach żelbetowych przy obciążeniach zwykłych natężenia przecinające zwykle nie przekraczają dozwolonych natężeń dla betonu; wyjątkiem są znacznie obciążone ustroje, jak na przykład płyty fundamentowe. Odsetek (%) uzbrojenia w stosunku do masy betonu określa się na podstawie następującego wzoru:

$$\mu = 100 \cdot \frac{f}{b(h-a)}.$$

b. TABELA № 63.

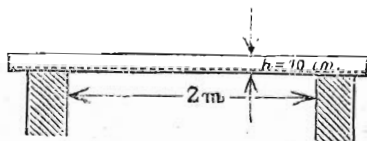
Wartości (h-a) w cm.; f — w cm.<sup>2</sup>; x = w cm.

| Natężenia<br>kg./cm. <sup>2</sup> | Oddalenie osi obciążonej do krawędzi najbliższej<br>cm. |             | Wysokość belki<br>lub<br>grubość płyty<br>cm. | Pole przekroju<br>poprzącznego<br>żelaza<br>cm. <sup>2</sup> |                                                                     | Wzory przy<br>pomocy kłó-<br>wych określo-<br>ne spółczyn-<br>niki: |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|                                   | σ <sub>z</sub>                                          | x = s (h-a) |                                               | h-a = k · √ $\frac{M}{b}$                                    | f = k · √ $M \cdot b$                                               |                                                                     |
| 750                               | 20                                                      | 0,286 (h-a) | 0,622 √ $\frac{M}{b}$                         | 0,00237 √ $M \cdot b$                                        | n = 15.<br><br>$s = \frac{n \cdot \sigma_b}{\sigma_z + n \sigma_b}$ | $k = \sqrt{\frac{2}{\left(1 - \frac{s}{3}\right) \sigma_b h}}$      |
|                                   | 25                                                      | 0,333 "     | 0,522 "                                       | 0,0029 J "                                                   |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 30                                                      | 0,375 "     | 0,451 "                                       | 0,00338 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 35                                                      | 0,412 "     | 0,401 "                                       | 0,00385 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 40                                                      | 0,444 "     | 0,363 "                                       | 0,00430 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 45                                                      | 0,474 "     | 0,334 "                                       | 0,00474 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
| 800                               | 20                                                      | 0,273 "     | 0,635 "                                       | 0,00217 "                                                    | $k_1 = \frac{1}{k \left(1 - \frac{s}{3}\right) \sigma_z}$           |                                                                     |
|                                   | 25                                                      | 0,319 "     | 0,530 "                                       | 0,00264 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 30                                                      | 0,360 "     | 0,549 "                                       | 0,00309 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 35                                                      | 0,396 "     | 0,408 "                                       | 0,00353 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 40                                                      | 0,429 "     | 0,367 "                                       | 0,00397 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 45                                                      | 0,428 "     | 0,339 "                                       | 0,00436 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
| 900                               | 20                                                      | 0,250 "     | 0,661 "                                       | 0,00183 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 25                                                      | 0,294 "     | 0,549 "                                       | 0,00224 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 30                                                      | 0,333 "     | 0,474 "                                       | 0,00264 "                                                    |                                                                     |                                                                     |
|                                   | 35                                                      | 0,368 "     | 0,420 "                                       | 0,00301 "                                                    |                                                                     |                                                                     |

Patrz stronica 314 tabela № 63.

| Nateżenia<br>kg./cm.                      |            | Oddalenie osi obrotowej do krawędzi ściennej<br>cm. |                                      | Wysokość belki lub grubość płyty<br>cm. |                                             | Pole przekroju poprzecznego żelaza<br>cm. |  | Wzory przy pomocy których określić należy spójczyniki: |
|-------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------|
| $\sigma_k$                                | $\sigma_b$ | $x = s(h - a)$                                      | $h - a = k \cdot \sqrt{\frac{M}{b}}$ | $\sqrt{\frac{M}{b}}$                    | $f = k_1 \sqrt{\frac{M \cdot b}{\sigma_b}}$ |                                           |  |                                                        |
| 1000                                      | 40         | 0,400 (h - a)                                       | 0,380                                | $\sqrt{\frac{M}{b}}$                    | 0,00337 $\sqrt{\frac{M \cdot b}{\sigma_b}}$ |                                           |  |                                                        |
|                                           | 45         | "                                                   | 0,348                                | "                                       | 0,00373 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 10         | 0,130                                               | 1,270                                | "                                       | 0,00083 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 15         | 0,184                                               | 0,876                                | "                                       | 0,00121 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 20         | 0,230                                               | 0,686                                | "                                       | 0,00159 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 23         | 0,257                                               | 0,610                                | "                                       | 0,00180 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 25         | 0,273                                               | 0,558                                | "                                       | 0,00194 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 28         | 0,296                                               | 0,518                                | "                                       | 0,00214 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 30         | 0,310                                               | 0,490                                | "                                       | 0,00228 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 33         | 0,331                                               | 0,453                                | "                                       | 0,00248 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 35         | 0,344                                               | 0,433                                | "                                       | 0,00261 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 38         | 0,363                                               | 0,406                                | "                                       | 0,00280 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 40         | 0,375                                               | 0,390                                | "                                       | 0,00293 "                                   |                                           |  |                                                        |
| 42                                        | 0,387      | 0,376                                               | "                                    | 0,00306 "                               |                                             |                                           |  |                                                        |
| 45                                        | 0,403      | 0,357                                               | "                                    | 0,00324 "                               |                                             |                                           |  |                                                        |
| 1200                                      | 20         | 0,200                                               | 0,732                                | "                                       | 0,00122 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 25         | 0,238                                               | 0,604                                | "                                       | 0,00150 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 30         | 0,273                                               | 0,519                                | "                                       | 0,00177 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 35         | 0,305                                               | 0,456                                | "                                       | 0,00202 "                                   |                                           |  |                                                        |
|                                           | 40         | 0,333                                               | 0,411                                | "                                       | 0,00228 "                                   |                                           |  |                                                        |
| kg./cm. <sup>2</sup> kg./cm. <sup>2</sup> |            | cm.                                                 |                                      | cm.                                     |                                             | cm.                                       |  |                                                        |

**Przykład I** (rys. 193): dom mieszkalny, strop — płyta żelbetowa; rozpiętość w prześwicie  $l = 2$  m., grubość



Rys. 193.



plyty  $h = 10$  cm., prętów uzbrojenia 10 szt. przy  $\delta = 0,8$  cm.,  $a = 1,5$  cm.,  $b = 100$  cm.; określić  $\sigma_b$  i  $\sigma_z$  ?

Rozpiętość teoretyczna  $l = l_0 + h = 2,1$  m.

Waga własna płyty na  $1 \text{ m.}^2 = 1 \times 0,1 \times 2400 = 240 \text{ kg./m.}^2$

waga polepy . . . 80 kg./m.<sup>2</sup>

waga podł. drewn. 20 kg./m.<sup>2</sup>

Razem . . . . . 100 kg./m.<sup>2</sup>

Obciążenie pożyteczne . . . . . 250 kg./m.<sup>2</sup>

Ogółem . . . 590 kg./m.<sup>2</sup>

$$M = \frac{P l . l}{8} = \frac{590 \cdot 2,1 \cdot 2,1 \cdot 100}{8} = 32,500 \text{ kg./cm.}$$

$$= 10 \text{ szt. } \Phi \delta = 0,8 \text{ cm.} = 5,03 \text{ cm.}^2$$

$$x = \frac{15 \cdot 5,03}{100} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 (10 - 1,5)}{15 \cdot 5,03}} \right] \quad ||$$

$$= 2,9 \text{ cm.} \quad . . . . . (\text{wzór 1})$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 32500}{100 \cdot 2,9 \left( 10 - 1,5 - \frac{2,9}{3} \right)} = 29,73 \text{ kg./cm.}^2 \quad . . . (4)$$

$$\sigma_z = \frac{32500}{5,03 \left( 10 - 1,5 - \frac{2,9}{3} \right)} = 860 \text{ kg./cm.}^2 \quad . . . . . (5)$$

$$V = \frac{590 \cdot 2,1}{2} = 619,5 \text{ kg.} \approx 620 \text{ kg.}$$

$$\tau_b = \frac{620}{100 \left( 10 - 1,5 - \frac{2,9}{3} \right)} = 0,82 \text{ kg./cm.}^2 \quad . . . . . (10)$$

$$\tau = 0,82 \frac{100}{2,51 \cdot 10} = 3,24 \text{ kg./cm.}^2 \dots \dots \dots (11)$$

**Przykład II:** strop sali balowej — płyta żelbetowa; waga posadzki dębowej, legarów, polepy, tynku 1 cm. grubego (zaprawa cementowa) — 240 kg./m.<sup>2</sup>; obciążenie pożyteczne — 500 kg./m.<sup>2</sup>; natężenia dozwolone:  $\sigma_1 = 35 \text{ cm.}^2$ ,  $\sigma_2 = 1000 \text{ kg./cm.}^2$ ,  $l_0 = 2,35 \text{ m.}$

Przypuszczamy dowolnie, że grubość płyty żelbetowej, płaskiej = 15 cm., wtedy całkowite obciążenie płyty będzie:

obciążenie pożyteczne . . . . . 500 kg./m.<sup>2</sup>  
dodatek na działanie dynamiczne  $\lambda = 50\%$  250 kg./m.<sup>2</sup>  
waga składowych części stropu bez płyty 240 kg./m.<sup>2</sup>  
waga własna płyty  $0,15 \times 1 \times 1 \times 2400 = 360 \text{ kg./m.}^2$

O g ó ł e m 1350 kg./m.<sup>2</sup>

Rozpiętość teoretyczna  $l = l_0 + h = 2,35 + 0,15 = 2,50 \text{ m.}$

$$M = \frac{p \cdot l \cdot l}{8} = \frac{1350 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 100}{8} = 105468,75 \text{ kg./cm.,}$$

przyjmujemy za okągleniem  $M = 105500 \text{ kg./cm.}$ ; przy belce wieloprzęsłowej, środkowe przęsła można obliczać przyjmując  $M = \frac{p \cdot l \cdot l}{10}$ .

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{105500}{100}} = 32,5; \sqrt{\frac{M \cdot b}{105500 \cdot 100}} = 3250$$

Posługując się tabelą № 63 (str. 314) otrzymamy:

$h - a = 0,433 \cdot 32,5 = 14,07 \sim 14 \text{ cm.,}$  skąd  $a = 1 \text{ cm.}$

$x = 0,344 \cdot 14 = 4,82 \text{ cm.;}$   $f = 0,00261 \cdot 3250 = 8,48 \text{ cm.}^2$ ,

bierzemy 11 prętów po 1 cm. grubych, których  $f = 8,64 \text{ cm.}^2$

Sprawdzimy, że przy otrzymanych wymiarach płyty i uzbrojenia, natężenia dozwolone nie będą przekroczone:

$$x = \frac{15 \cdot 8,60}{100} \cdot \left[ -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 14}{15 \cdot 8,6}} \right] = 4,86 \text{ cm. (wzór 1)}$$



**d. — Podane:**  $M$ ,  $h - a$ ,  $\sigma_b$ ; obliczyć:  $f$  i  $\sigma_z$ .

Według wzoru (4) odnajdujemy  $x$  w zależności od  $M$ ,  $h - a$  i  $\sigma_b$ :

$$= x \frac{3(h-a)}{2} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{8M}{3 \cdot b \cdot \sigma_b \cdot (h-a)^2}} \right]$$

$$\text{według wzoru (6): } f = \frac{b x^2}{2 n (h - a - x)},$$

$$\text{a według wzoru (9): } \sigma_z = \frac{n \sigma_b}{x} \cdot (h - a - x)$$

**e. — Podane:**  $M$ ,  $\sigma_z$ ,  $\sigma_b$ ; poszukiwane:  $h - a$  i  $f$ ; rozwiązuje się przy pomocy tabeli № 63 (str. 314), a dla wypadku kiedy  $\sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$ , a  $\sigma_b = 40 \text{ kg./cm.}^2$  tabeli № 64 (str. 318).

**f. — Podane:**  $M$ ,  $h - a$ ,  $\sigma_z$ ; posługując się tabl. № 63 i wzorem:  $h - a = k \sqrt{\frac{M}{b}}$  odnajdujemy  $k$  odpowiednio do podanego  $\sigma_z$ , a następnie w tablicy  $\sigma_b$ ,  $x$  i  $f$ . Po określeniu  $x$  można sprawdzić  $f$  i  $\sigma_b$  według wzorów (5) i (9) str. 313.

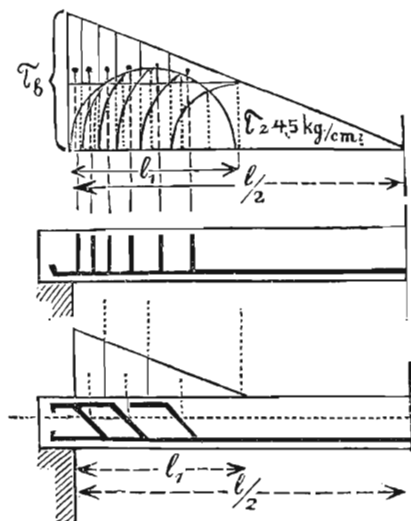
#### **d. Strzemiona.**

Strzemiona mają na celu przyjmować natężenia przecinające rozwijające się po nad normę dozwoloną dla betonu t j.  $4,5 \text{ kg./cm.}^2$ ; prócz tego strzemiona odgrywają bardzo pożyteczną rolę bo związują wszystkie warstwy betonu, a więc zwiększają jednolitość masy betonowej w płytach lub belkach.

Strzemiona wyrabiają z żelaza okrągłego lub płaskiego. Przecinające natężenia w belce zwiększają się w kierunku od środka rozpiętości do opór i nad oporą dosięgają największej wielkości.

Całkowita wielkość siły przecinającej, działająca na połowie rozpiętości  $V = \tau_b \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot b$ , a wtedy przecina-

jąca siła, przypadająca wyłącznie na strzemiona będzie (rys. 194):  $v_0 = (\tau_b - 4,5) \frac{l_1 \cdot b}{2}$ , gdzie  $l_1$  — długość na któ-



Rys. 194.

rej rozmieszczone są strzemiona; długość tą odnajdziemy posługując się następującym wzorem:  $l_1 = \frac{\tau_b - 4,5}{\tau_b} \cdot \frac{l}{2}$ .

Natężenie dozwolone na przecinanie dla żelaza  $\tau_z$  przyjmują  $= 600 \text{ kg./cm.}^2$  (do  $700 \text{ kg./cm.}^2$ ), więc ogólne pole przekroju wszystkich strzemion ustawionych na długości  $l_1$  winno być:  $f_b = \frac{V_0}{\tau_z} = \frac{(\tau_b - 4,5) \cdot l_1 \cdot b}{2 \tau_z} \text{ cm.}^2$ ; przyjmując przekrój wszystkich prętów jednego strzemienia  $= f'_b$  odnajdziemy ilość potrzebnych strzemion, a mianowicie  $f_b : f'_b = i$ ; sposób rozlokowania strzemion na długości  $l$ , pokazan na rysunku; zwiększenie ilości strzemion ponad wynikiem obliczenia zwiększa wytrzymałość ustroju.

Dla przyjmowania ukośnych wysiłów odginają pręty uzbrojenia do góry (rys. 194); długość części rozpiętości

(od opory) na której odginanie ma być uskutecznione, określa się na podstawie tegoż wzoru co i dla strzemion, a mianowicie:  $l_1 = \frac{\tau_b - 4,5}{\tau_b} \cdot \frac{l}{2}$ .

Ukośna siła przypadająca na wszystkie odgięte na połowie rozpiętości pręty  $z = \frac{b \cdot l_1}{2\sqrt{2}} \cdot (\tau_b - 4,5)$ ; pole przekroju wszystkich odgiętych prętów winno być  $f_p = z : \sigma_c$  cm.<sup>2</sup>; przekrój żelaza w rzędzie odgiętym i ilość rzędów odnajdziemy podobnie jak wskazano było dla strzemion.

### C. Płyta lub belka o przekroju prostokątnym (uzbrojenie podwójne).

W wypadku kiedy konstrukcja budynku wymaga belki lub płyty o wysokości zmniejszonej w stosunku do wymiarów otrzymanych przez obliczenie dla belki o uzbrojeniu pojedynczym i w ogóle w wypadku konieczności zmniejszenia wymiarów poprzecznych belki,—stosują podwójne uzbrojenie; są wypadki kiedy zastosowanie podwójnego uzbrojenia staje się niezbędnem, naprz. przy waha niach M od wielkości dodatnich do wielkości ujemnych.

**UWAGA:** We wszystkich niżej przytoczonych wzorach nie uwzględniono zmniejszenia pola przekroju betonu, w belce lub płycie, z powodu założenia, pracujących na ściskanie, prętów żelaznych.

Oznaczenia przyjęte też same co i dla wzorów przy uzbrojeniu pojedynczym, a nadto:

$f^1$  — pole przekroju uzbrojenia górnego cm.<sup>2</sup>

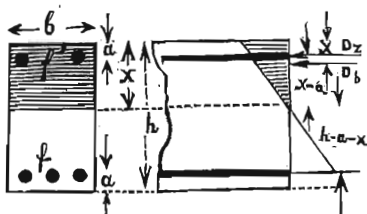
$\sigma'_{1/2}$  — natężenia prętów żelaznych przy ściskaniu kg./cm.<sup>2</sup>

J — moment bezwładności całkowitego przekroju belki (beton i żelazo) odnośnie do osi obojętnej, przytem żelazo dostosowano do materiału betonu.

m. — moment statyczny pola przekroju ściśniętej części betonu i uzbrojenia, dostosowanego do materiału betonu, pracującego na ściskanie, odnośnie warstwy obojętnej.

$m_1$  — moment statyczny części pola przekroju belki powyżej górnego uzbrojenia, odnośnie warstwy obojętnej.

a. Wzory (rys. 195):



Rys. 195.

$$\sigma_b \frac{b x}{2} + f_1 \sigma_z = f \sigma_z \quad (14)$$

$$M = \sigma_b \frac{b x}{2} \left( h - a - \frac{x}{3} \right) + f_1 \sigma_z \left( h - 2a \right) \quad (15)$$

$$x = -\frac{n(f-f_1)}{b} + \sqrt{\left[ \frac{n(f+f_1)}{b} \right]^2 + \frac{2n}{b} [f_1 a + f(h-a)]} \quad (16)$$

$$\sigma_z : n \sigma_b = (h - a - x) : x \quad (17)$$

$$\sigma'_z : n \sigma_b = (x - a) : x \quad (18)$$

$$\sigma_b = \frac{2 M x}{b x^2 \left( h - a - \frac{x}{3} \right) + 2 n f_1 (x - a) (h - 2a)} \quad (19)$$

$$J = \frac{b x^3}{3} + n f_1 (x - a)^2 + n f (h - a - x)^2 \quad (20)$$

Kiedy  $\sigma_b$  już jest odnalezione, można posługiwać się wzorem:

$$J = \frac{M x}{\sigma_b} \quad (20a)$$

$$m = -\frac{b x^2}{2} + n f' (x - a) = n f (h - a - x) \dots (21)$$

$$m' = b \frac{x^2 - (x - a)^2}{2} + n f' (x - a) \dots (22)$$

Natężenia przy przecinaniu w warstwach, poczynając od uzbrojenia pracującego na rozciąganie do warstwy obojętnej są jednakowe (przypuszcza się iż beton na rozciąganie nie pracuje)

$$\tau_b = \frac{V}{b (h - a - x + y)} \dots (23) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Dla części} \\ \text{rozciągniętej} \end{array} \right.$$

$$\tau = \frac{\tau_b \cdot b}{u} \dots (24)$$

$y$  — odległość od warstwy obojętnej siły wypadkowej natężeń betonu i uzbrojenia pracujących na ściskanie, określa się:

$$y = \frac{2 [b x^2 + 3 n f' (x - a)^2]}{3 [b x^2 + 2 n f' (x - a)]} \dots (25)$$

$$\tau_b = \frac{m_1 V}{b \cdot J} \dots (26) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Na poziomie} \\ \text{uzbrojenia} \end{array} \right.$$

$$\tau' = \frac{\tau_b b}{u} \dots (27) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ściśniętego} \end{array} \right.$$

Dla określenia uzbrojenia przy podanych  $M$ ,  $h$ ,  $\sigma_b$  i  $\sigma_z$  mogą służyć wzory:

$$f = M : \alpha (h - a) \dots (28)$$

$$f' = \beta f - \gamma b (h - a) \dots (29)$$

$$x = s (h - a) \dots (30)$$

Wartości  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  i  $S$  podane są w następującej tabeli № 65.



TABELA № 65.

| $\sigma_b =$ | 40     |       |        | 35     |        |        | 30     |        |       |
|--------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| $\sigma_z =$ | 1000   | 900   | 800    | 1000   | 900    | 800    | 1000   | 900    | 800   |
| $\alpha =$   | 875    | 780   | 685    | 885    | 790    | 694    | 896    | 800    | 705   |
| $\beta =$    | 2,5    | 2,25  | 2,00   | 2,86   | 2,57   | 2,29   | 3,33   | 3,00   | 2,67  |
| $\gamma =$   | 0,0187 | 0,020 | 0,0214 | 0,0172 | 0,0184 | 0,0198 | 0,0155 | 0,0167 | 0,018 |
| $S =$        | 0,375  | 0,400 | 0,429  | 0,344  | 0,368  | 0,396  | 0,310  | 0,333  | 0,360 |

Tabela ta może być zestawiona i dla innych wartości  $\sigma_b$  i  $\sigma_z$  posługując się następującymi wzorami:

$$S = \frac{n \sigma_b}{\sigma_z + n \sigma_b} = \frac{15}{\frac{\sigma_z}{\sigma_b} + 15};$$

$$\alpha = \frac{\sigma_b}{3} (3 - S); \beta = \frac{\sigma_z}{10 \sigma_b}; \gamma = S : 20.$$

Uzbrojenia pracujące na ściskanie (górne) winno być, za pomocą strzemion, dokładnie związane z dolnym uzbrojeniem; następnie a winno być nie zbyt małym, aby uniknąć wyboczenia żelaza i odsłojenia betonu.

**Przykład III:** podane: — przekrój, belki — czworokąt.  $l = 4$  m.,  $h = 36$  cm.,  $b = 20$  cm.,  $M = 120000$  kgcm.,  $\sigma_b$  nie  $> 35$  kg./cm.<sup>2</sup>,  $\sigma_z$  nie  $> 1000$  kg./cm.<sup>2</sup>; dowolnie przyjmujemy —  $a = 3$  cm. (mniej więcej  $x:3$ ), określić  $f$  i  $f'$  i sprawdzić wszystkie natężenia.

$$M = 120000 = \frac{2 V \cdot l}{8} = \frac{2 V \cdot 4 \cdot 100}{8}, \text{ a więc}$$

$$V = \frac{8 \cdot 120000}{2 \cdot 4 \cdot 100} = 1200 \text{ kg.}$$

według wzoru (17):  $\frac{1000}{15 \cdot 35} = \frac{36 - 3 - x}{x}$ ;  $x = 11,36$  cm.,

$\frac{x}{3} = 3,79$  cm. posługując się tabelą № 63 (str. 314) i wzorem (30) otrzymamy  $x = 0,344 (36 - 3) = 11,35$  cm., wynik, prawie jednakowy; według wzoru (19):

$$35 = \frac{2 \cdot 120000 \cdot 11,36}{20 \cdot 11,36 \cdot 11,36 (36 - 3 - 3,79) + 2 \cdot 15 \cdot f' (11,36 - 3) (36 - 6)}$$

skąd  $f' = 0,54$  cm.<sup>2</sup>, posługując się tbl. № 68 (dodatek 1) bierzemy 3 pręty  $\Phi$  0,5 cm. każdy t. j.  $f' = 0,59$  cm.<sup>2</sup>,

według wzoru (18):  $\sigma_z = \frac{11,36 - 3}{11,36} \cdot 15 \cdot 35 = 386,35$  kg./cm.<sup>2</sup>

według wzoru (14):  $35 \frac{20 \cdot 11,36}{2} + 0,59 \cdot 386,35 = f \cdot 1000$ ,

skąd  $f = 4,2$  cm.<sup>2</sup>, bierzemy 4 pręty  $\Phi$  1,2 cm. przy  $f = 4,52$  cm.<sup>2</sup> (tbl. 68). Posługując się tab. № 65 (str. 324) i wzorami 28 i 29 otrzymamy:  $f = \frac{120000}{885 \cdot (36 - 3)} = 4,11$  cm.<sup>2</sup>,

$f' = 2,86 \cdot 4,11 - 0,0172 \cdot 20 \cdot (36 - 3) = 0,40$  cm.<sup>2</sup> t. j. wyniki

bardzo bliskie do otrzymanych według wzorów 14 i 19; w razie otrzymania wartości dla  $f' = 0$  lub ujemnej, to

znaczy iż w górnym uzbrojeniu potrzeby niema. Teraz sprawdzimy czy belka została należycie skonstruowana

i czy nie są przekroczone natężenia dozwolone:

$$\text{wzór 16: } x = - \frac{15 \cdot (4,52 - 0,59)}{20} +$$

$$+ \sqrt{\left[ \frac{15 \cdot (4,52 + 0,59)}{20} \right]^2 + \frac{2 \cdot 15}{20} [0,59 \cdot 3 + 4,52 (36 - 3)]}$$

$$x = 12,58 \text{ cm.}; x : 3 = 4,19 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} \text{wzór 19: } \sigma_b &= \frac{2 \cdot 120000 \cdot 12,58}{20 \cdot 12,58 \cdot 12,58 (36 - 3 - 4,19) + 2 \cdot 15 \cdot 0,59 \cdot 9,58 \cdot 30} = \\ &= 31,35 \text{ kg./cm.}^2 \end{aligned}$$

$$\text{wzór 17: } \sigma_z = 15 \cdot 31,35 \frac{36 - 3 - 12,58}{12,58} = 770 \text{ kg./cm.}^2$$

$$\text{wzór 18: } \delta_z' = 15 \cdot 31,35 \frac{12,58 - 3}{12,58} = 357,39 \text{ kg./cm.}^2$$

$$\begin{aligned} \text{wzór 20: } J = & \frac{20 \cdot 12,58^3}{3} + 15 \cdot 0,54 (12,58 - 3)^2 + \\ & + 15 \cdot 4,52 (36 - 3 - 12,58)^2 = 42290 \text{ cm.}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wzór 22: } m_1 = & 20 \frac{12,58^2 - (12,58 - 3)^2}{2} + 15 \cdot 0,54 \cdot (12,58 - 3) = \\ & = 744,7 \text{ cm.}^3 \end{aligned}$$

$$\text{wzór 25: } y = \frac{2 [20 \cdot 12,58^3 + 3 \cdot 15 \cdot 0,54 (12,58 - 3)^2]}{3 [20 \cdot 12,58^2 + 2 \cdot 15 \cdot 0,54 (12,58 - 3)]} = 8,44 \text{ cm.}$$

$$\text{wzór 23: } \tau_b = \frac{1200}{20 \cdot (36 - 3 - 12,58 + 8,44)} = 2,52 \text{ kg./cm.}$$

$$\text{wzór 24: } \tau = \frac{2,52 \cdot 20}{3,77 \cdot 4} = 3,36 \text{ kg./cm.}^2$$

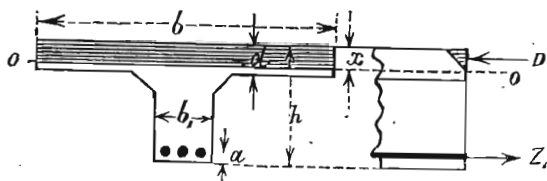
$$\text{wzór 26: } \tau_b' = \frac{744,7 \cdot 1200}{20 \cdot 42290} = 1,05 \text{ kg./cm.}^2$$

$$\text{wzór 27: } \tau' = \frac{20 \cdot 1,05}{1,57 \cdot 3} = 4,45 \text{ kg./cm.}^2$$

## D. Belki żebrowe.

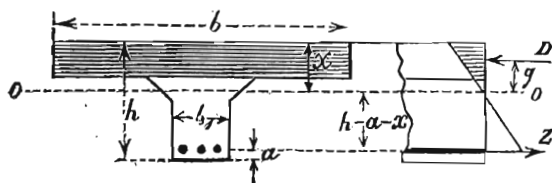
### a. Uzbrojenie pojedyncze.

Jeżeli oś obojętna (rys. 196) przechodzi przez płytę górną, lub znajduje się na dolnej powierzchni płyty, oblicze-



Rys. 196.

nia w niczem nie różnią się od przytoczonych wyżej dla belek czworokątnych. W wypadkach kiedy oś obojętna leży poniżej płyty (rys. 197) t. j. kiedy  $x > d$ , do obliczeń należy wprowadzić wielkość  $y$  — odległość kierunku wypadkowej sił ciśnień w betonie do warstwy obojętnej.



Rys. 197.

Przy obliczeniu, część żebra, powyżej warstwy obojętnej, pracującego na ściskanie, z powodu małej wielkości, można nie przyjmować pod uwagę, przez co obliczenie uprości się.

Wzory przy  $x > d$  i przy obciążeniach zwykłych:

$$x = \frac{2 n (h - a) f + b d^2}{2 (n f + b d)} \quad \dots \quad (31)$$

$$y = \frac{2 [x^3 - (x - d)^3]}{3 [x^2 - (x - d)^2]} \quad \dots \quad (32)$$

$$\sigma_z = \frac{M}{(h - a - x - y) f} \quad \dots \quad (33)$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_z x}{n (h - a - x)} \quad \dots \quad (34)$$

$$\tau_b = \frac{V}{b_1 (h - a - x + y)} \quad \dots \quad (35)$$

$$\tau = \tau_b \cdot \frac{b_1}{u} \quad \dots \quad (36)$$

Przy budowie mostów większych rozpiętości i w wypadkach kiedy pole przekroju żebra jest wielkie w sto-

sunku do wielkości pola przekroju płyty, wzamian wzorów 31 i 32, w których  $\underline{b}_1$  było odrzucone, należy posługiwać się, dla określenia  $x$  i  $y$  następującymi wzorami.

$$b_1 x^2 + 2 x [n f + d (b - b_1)] = 2 n (h - a) \cdot f + (b - b_1) d^2 \quad (37)$$

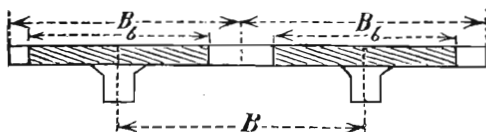
$$y = \frac{2 [b x^3 - (b - b_1) (x - d)^3]}{3 [b x^2 - (b - b_1) (x - d)^2]} \quad (38)$$

Przy  $x < d$  i  $x = d$

$$\tau_b = \frac{V}{b_1 \left( h - a - \frac{x}{3} \right)} \quad (39)$$

$$\tau = \tau_b \frac{b_1}{u} \quad (40)$$

**Uwagi ogólne** (rys. 198): przy obliczeniu belek żebrowych, wielkość  $\underline{b}$  na ogół nie przyjmuje się = rzeczywistej szerokości żebrowej belki  $B$ , a  $\underline{b}$  winno być nie



Rys. 198.

większe  $1:3$  t. j.  $\frac{1}{3}$  rozpiętości; niektórzy uważają, że  $\underline{b}$  winno być ponadto nie większem  $12 d - 15 d$ ; niezależnie od tego jaka wielkość zostaje przyjęta dla  $\underline{b}$  do wzorów, dla określenia obciążenia belki, a więc i momentu  $\underline{M}$  należy brać pełną szerokość belki  $\underline{B}$ . Na początku obliczeń, kiedy wymiary belki żebrowej nie są jeszcze wiadome, dla określenia wagi własnej belki, przyjmują ją za płytę  $1,5 - 2 d$  grubą; szerokość żebra  $\underline{b}_1$  zawiera się pomiędzy

20 do 30 cm., przy obciążeniach większych — pomiędzy 30 do 40 cm.; z powiększeniem  $h$  zmniejsza się ilość żelaza uzbrojenia.

#### Przykład IV.

Podane:  $l_0 = 7,5$  m., obciążenie pożyteczne  $333$  kg./m.<sup>2</sup>, obciążenie własne składa się: z wagi własnej belki żelbetowej; warstwy żuźlowej 6 cm. grubej —  $36$  kg./m.<sup>2</sup>, polepy 2 cm. grubej —  $14$  kg./m.<sup>2</sup> i podłogi  $40$  kg./m.<sup>2</sup>, płyta górna żelbetowa obliczona i  $d = 10$  cm., przyjmujemy  $b = 15d = 150$  cm. co jest  $< l_0 : 3 = 2,50$  m.; dla określenia wagi własnej nie obliczonej jeszcze belki żebrowej, przyjmujemy ją za płytę  $1,5$  d grubą.

Wtedy obciążenie 1 m. bież. belki:

waga własna belki  $= 0,15 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 2400 \dots = 540$  kg.  
 waga zasypu, polepy, podłogi  $(36 + 14 + 40) \cdot 1,5 = 135$  kg.  
 ciężar pożyteczny  $333 \cdot 1,5 \dots = 499,5$  kg.

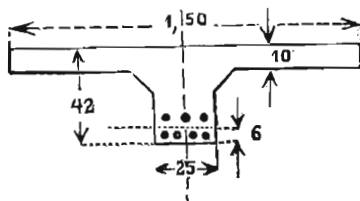
Razem  $1174,5$  kg.

Okrągło  $1200$  kg.

$$l = l_0 + 10\% = 7,5 + 0,75 = 8,25 \text{ m.}$$

$$M = \frac{pl \cdot l}{8} = \frac{1200 \cdot 8,25 \cdot 8,25 \cdot 100}{8} = 1020900 \text{ kgcm.},$$

w zależności od gatunku materiałów przyjmujemy:  $\sigma_b \leq 35$  kg./cm.<sup>2</sup>,  $\sigma_z \leq 1000$  kg./cm.<sup>2</sup>,  $\tau_b$  i  $\tau \leq 4,5$  kg./cm.<sup>2</sup>  $\tau_z$  (dla żelaza)  $\leq 700$  kg./cm.<sup>2</sup>



Rys. 199.

W tabl. № 63 (str. 314) odnajdujemy:

$$h - a = 0,433 \cdot \sqrt{\frac{1020900}{150}} = 35,72 \text{ cm.} \sim 36 \text{ cm.}$$

$$x = 0,344 \cdot 36 = 12,38 \text{ cm.}$$

$$f = 0,00261 \cdot \sqrt{1020900 \cdot 150} = 32,3 \text{ cm.}^2,$$

bieżemy 7 prętów  $\Phi$  2,5 cm. przy  $f = 34,37 \text{ cm.}^2$  (tabl. № 68, dod. 1), układamy ich w dwa rzędy i dla tego przyjmujemy  $a = 6 \text{ cm.}$ , wtedy  $h = 36 + 6 = 42 \text{ cm.}$ ;  $b_1$  przyjmujemy  $= 25 \text{ cm.}$  (rys. 199). Należy teraz sprawdzić, czy przy otrzymanych wymiarach poszczególnych części belki, nałożenia dozwolone nie są przekroczone: waga własna według otrzymanych wymiarów będzie:

$(0,10 \cdot 1,5 + 0,32 \cdot 0,25) \cdot 2400 = 552 \text{ kg.}$  t. j. prawie takąż sama jak było przyjęte, a więc ogólne obciążenie nie zmienia się i  $\underline{M}$  zostaje  $= 1020900 \text{ kgcm.}$

$$\text{wzór 31 : } x = \frac{2 \cdot 15 \cdot (42 - 6) \cdot 34,37 + 150 \cdot 10 \cdot 10}{2 (15 \cdot 34,37 + 150 \cdot 10)} = 12,9 \text{ cm. t. j. } x > d$$

$$\text{wzór 32 : } y = \frac{2 [12,9^3 - (12,9 - 10)^3]}{3 [12,9^3 - (12,9 - 10)^3]} = 8,96 \text{ cm.}$$

$$\text{wzór 33 : } \sigma_z = \frac{1020900}{(42 - 6 - 12,9 + 8,96) \cdot 34,37} = 926,4 \text{ kg./cm.}^2 < 1000$$

$$\text{wzór 34 : } \sigma_b = \frac{926,4 \cdot 12,9}{15 \cdot (42 - 6 - 12,9)} = 34,5 \text{ kg./cm.}^2 < 35$$

Siła przecinająca przy podporze

$$V = 1200 \cdot \frac{7,5}{2} = 4500 \text{ kg.}$$

$$\text{wzór 35 : } \tau_b = \frac{4500}{25 (42 - 6 - 12,9 + 8,96)} = 5,61 \text{ kg./cm.}^2 > 4,5$$

$$\text{wzór 36: } \tau = 5,61 \frac{25}{7,85 \cdot 7} = 2,72 \text{ kg./cm.}^2 < 4,5.$$

Natężenie  $\tau_b$  otrzymano większe nad dozwolone 4,5 kg./cm.<sup>2</sup>, dla przejęcia tego zbytku należy część prętów żelaznych odgiąć do góry; odgięcie to winno zacząć w odległości  $l$  od podpory (str. 320)

$$l = \frac{5,61 - 4,5}{5,61} \cdot \frac{7,5}{2} \cdot 100 = 74,26 \text{ cm. } \sim 0,75 \text{ m.};$$

siła przypadająca na odgięte pręty

$$z = \frac{25 \cdot 75}{2 \cdot \sqrt{2}} (5,61 - 4,5) = 737,25 \text{ kg.}$$

Pole przekroju jednego pręta = 4,91 cm.<sup>2</sup>; było przyjęto  $\tau_z = 700 \text{ kg./cm.}^2$ , wtedy odgiąć trzeba prętów:

$737,25 : 700 \cdot 4,91 = 0,21 \text{ szt.}$ , — odginamy 2 pręty, a wtedy

$$\tau_z = \frac{737,25}{2 \cdot 4,91} = 75 \text{ kg./cm.}^2$$

Dla należytego związania żelaza i betonu strzemiona także należy postawić.

## TABELA № 66.

Dla belek żebrowych.

| Moment<br>przy zginaniu $\underline{M}$<br>kgcm. | Wysokość<br>mniejsza |                       | Wysokość<br>średnia |                       | Wysokość<br>większa |                       |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|                                                  | h—a<br>cm.           | f<br>cm. <sup>2</sup> | h—a<br>cm.          | f<br>cm. <sup>2</sup> | h—a<br>cm.          | f<br>cm. <sup>2</sup> |
| 300000                                           | 18                   | 18                    | 21                  | 15                    | 25                  | 12                    |
| 500000                                           | 23                   | 23                    | 27                  | 19                    | 31                  | 15                    |
| 700000                                           | 27                   | 27                    | 32                  | 23                    | 37                  | 18                    |



| Moment<br>przy zginaniu $M$<br>kgcm. | Wysokość<br>mniejsza |                        | Wysokość<br>średnia |                        | Wysokość<br>większa |                        |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|                                      | h—a<br>cm.           | f.<br>cm. <sup>2</sup> | h—a<br>cm.          | f.<br>cm. <sup>2</sup> | h—a<br>cm.          | f.<br>cm. <sup>2</sup> |
| 900000                               | 30                   | 30                     | 36                  | 25                     | 42                  | 21                     |
| 1000000                              | 32                   | 32                     | 38                  | 27                     | 45                  | 22                     |
| 1200000                              | 35                   | 35                     | 42                  | 30                     | 48                  | 24                     |
| 1500000                              | 39                   | 39                     | 47                  | 33                     | 54                  | 27                     |
| 1800000                              | 43                   | 43                     | 51                  | 36                     | 60                  | 30                     |
| 2000000                              | 45                   | 45                     | 54                  | 38                     | 63                  | 31                     |
| 2400000                              | 49                   | 49                     | 60                  | 41                     | 70                  | 35                     |
| 2800000                              | 53                   | 53                     | 64                  | 45                     | 74                  | 37                     |
| 3200000                              | 57                   | 57                     | 68                  | 48                     | 79                  | 39                     |
| 3600000                              | 60                   | 60                     | 72                  | 50                     | 85                  | 42                     |
| 4000000                              | 63                   | 63                     | 76                  | 53                     | 88                  | 44                     |
| 4500000                              | 67                   | 67                     | 81                  | 57                     | 94                  | 47                     |
| 5000000                              | 71                   | 71                     | 85                  | 60                     | 100                 | 50                     |
| 6000000                              | 78                   | 78                     | 93                  | 65                     | 108                 | 54                     |
| 7000000                              | 85                   | 85                     | 100                 | 70                     | 117                 | 58                     |
| 8000000                              | 90                   | 90                     | 107                 | 75                     | 125                 | 62                     |
| 10000000                             | 100                  | 100                    | 120                 | 84                     | 140                 | 70                     |

### b. Uzbrojenia podwójne.

Ustrój stropu żelbetowego, żebrowego o uzbrojeniu podwójnem ma zastosowanie w wypadkach: 1—kiedy nie można wziąć  $h$  dowolnie, bo wysokość belki jest zadana, a niedostateczną dla zastosowania uzbrojenia pojedynczego lub 2—przy belkach wieloprzęsłowych kiedy nad

### Zakończenie str. 333.

Przy uzbrojeniu podwójnem i przy  $x > d$  belki żelazobrowe należy obliczać posługując się wzorami (rys. 200) 20 a, 20 b, 31 a, 34 a:

$$M = \frac{\sigma_b J}{x} \dots \dots \dots (20 a)$$

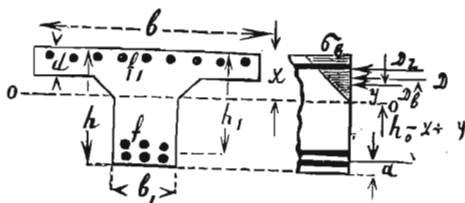
$$x = \frac{b d^2 + 2 n [ f (h - a) + f' a ]}{2 [ b d + n (f + f') ]} \dots \dots (31 a)$$

$$\sigma_z = \sigma_b \frac{h - a - x}{x} \dots \dots \dots (34 a)$$

oporą momenty otrzymują się ujemne t. j. belka tu u góry pracuje na rozciąganie, a na dole na ściskanie.

Przy uzbrojeniu podwójnem belki żebrowe należy obliczać posługując się wyżej przytoczonymi wzorami dla belki o przekroju prostokątnym.

Przy podanych  $\sigma_b$ ,  $\sigma_z$ ,  $M$ ,  $l$ ,  $b$  zapomocą tabl. № 63 lub tabl. № 66 odnajdujemy  $h - a$ , następnie wzór (17)



Rys. 200.

określi wielkość  $x$ , wzór (18) —  $\sigma_z$ , wzór (19) —  $f'$ , wzór (14) —  $f$ ; po otrzymaniu tych wielkości należy sprawdzić  $x$  przy pomocy wzoru (16) i natężenia betonu i żelaza. Natężenia przecinające odnajdą się przy pomocy wzoru:

$$\tau_b = \frac{V \cdot m}{b_1 J}, \text{ gdzie } m = n f (h - a - x) = \frac{b x^2}{2} + n f' (x - a)$$

$$J = \frac{1}{3} b x^3 - \frac{1}{3} b (x - d)^3 + n f' (x - a)^3 + n f (h - a - x)^3$$

Mniej dokładnie, lecz dostatecznie, mogą być określone  $f$  i  $f'$  sposobem następującym:

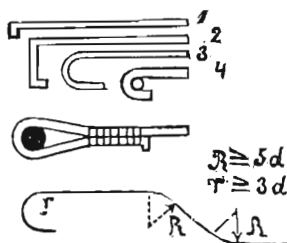
$(h - a)$  i  $x$  — w tabl. № 63; przy podanych  $\sigma_z$  i  $\sigma_b$ , jest wiadomy i stosunek  $\sigma_z : \sigma_b$ ; oznaczając odległość pomiędzy środkami ściskania i rozciągania przez  $R$  posługujemy się wzorem:

$$R = (h - a) \left( 1 - \frac{5}{\frac{\sigma_z}{\sigma_b} + 15} \right)$$

$$f = \frac{M}{R \cdot \sigma_e}; f_1 = \frac{n f (h - a - x) - \frac{b x^2}{2}}{n (x - a)}$$

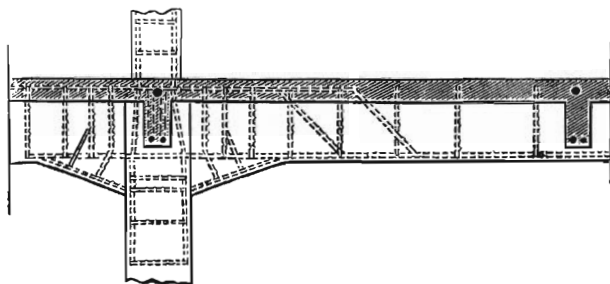
## E. Konstrukcje żelbetowe.

a. Sposoby umocnienia końców prętów żelaznych w betonie.

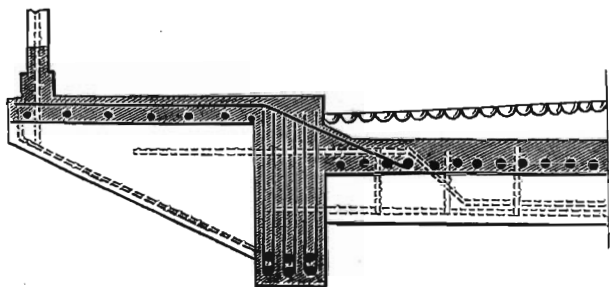


Rys. 201.

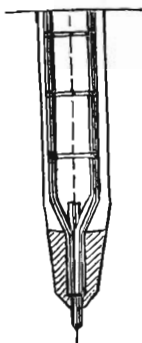
b. Sposoby ułożenia prętów żelaznych w betonie (rys. 202, 203, 204).



Rys. 202.

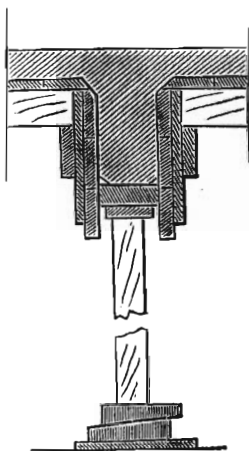


Rys. 203.



Rys. 204.

c. Formy dla belki żebrowej (rys. 205).



Rys. 205.

## F. Obliczanie słupów.

### a. Ciśnienie środkowe.

Oznaczenia:  $h$  — większy } wymiar pola przekroju  
 $b$  — mniejszy } poprzecz. słupa—cm.  
 $P$  — obciążenie słupa kg.

$F_b$  — pole przekroju poprz. słupa (betonu)  $\text{cm}^2$

$f_z$  — pole przekroju żelaza (wszyst. prętów)  $\text{cm}^2$

$F = F_b + f_z$  — pole przekroju słupa  $\text{cm}^2$

$\mu$  — % pola przekroju żelaza w stosunku do pola przekroju poprzecznego betonu t. j.

$$\mu = 100 \frac{f_z}{F_b}; f_z = 0,01 \mu F_b$$

$e$  — promień rdzenia przekroju słupa  $\text{cm}$ .

$\varphi$  — współczynnik zmniejszenia natężeń, określa się według wzorów ( $\alpha$ ) i ( $\beta$ ) (poniżej).

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,0001 \left( \frac{e}{r} \right)^2} \dots \dots \dots (\alpha)$$

gdzie  $l$  — długość ściskanego słupa (teoretyczna)

$r = \sqrt{\frac{J}{F}}$  najmniejszy promień bezwładności pola przekroju  $\text{cm}$ .

$J$  — najmniejszy moment bezwładności przekroju (brutto) —  $\text{cm}^4$

$$\varphi = 1,72 - 0,012 \frac{l}{r} \dots \dots \dots (\beta)$$

## TABELA № 66.

Wartości  $\varphi$  według wzoru ( $\beta$ ) — normy austriackie.

| $l/r$ | $\varphi$ | $l/r$ | $\varphi$ | $l/r$ | $\varphi$ | $l/r$ | $\varphi$ | $l/r$ | $\varphi$ |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| 60    | 1,000     | 66    | 0,928     | 72    | 0,856     | 78    | 0,784     | 88    | 0,664     |
| 61    | 0,988     | 67    | 0,916     | 73    | 0,844     | 79    | 0,772     | 90    | 0,640     |
| 62    | 0,976     | 68    | 0,904     | 74    | 0,832     | 80    | 0,760     | 95    | 0,580     |
| 63    | 0,964     | 69    | 0,892     | 75    | 0,820     | 82    | 0,736     | 100   | 0,520     |
| 64    | 0,962     | 70    | 0,880     | 76    | 0,808     | 84    | 0,712     | 105   | 0,460     |
| 65    | 0,940     | 71    | 0,868     | 77    | 0,796     | 86    | 0,688     | 110   | 0,400     |

Obciążenie dozwolone słupa, będzie:

$$P = (F_b + n f_z) \sigma_b = F_b \left( 1 + 0,01 \mu \cdot n \right) \delta_b \dots (41)$$

$$\sigma_z : \sigma_b = n \text{ więc}$$

$$\sigma_b = \frac{P}{F_b + n f_z} = \frac{P}{F} \dots (42)$$

$$\sigma_z = n \frac{P}{F_b + n f_z} = \frac{P}{F} \cdot n \dots (43)$$

Wzór (41) może być stosowany przy  $\mu$  nie większem nad 2%; zwykle  $\mu$  umieszcza się pomiędzy 0,8 do 2.

O ile  $\mu$  jest większe 2%, to od zbytku żelaza nad 2% przyjmuje się pod uwagę tylko  $\frac{1}{4}$  część.

Dozwolone natężenie przy ściskaniu dla betonu przyjmują zwykle od 20 do 40 kg/cm.<sup>2</sup>; przy  $\mu > 2\%$  to znaczy  $f_z > 0,02 F_b$ , pole przekroju prętów żelaznych przyjmuje się:

$$f_z' = 0,02 F_b + \frac{1}{4} \left( f_z - 0,02 F_b \right) \text{ skąd } f_z = 4 f_z' - 0,06 F_b$$

Dla uniknięcia wyboczenia prętów żelaznych przy ściskaniu słupa, ich wiążąją pomiędzy sobą poprzecznymi wiązaniami (strzemionami); oddalenie strzemion, jednego od drugiego winno być nie większe nad najmniejszy wymiar pola przekroju poprzecznego słupa lub równać się 12 d prętów, lecz nie przekraczać 35 cm.; jeżeli długość słupa  $l$  jest większa nad 18 b. (norma pruska), to należy obliczać słup na wyboczenie, a natężenie dozwolone winno być zmniejszone odpowiednio do współczynnika  $\varphi$ .

UWAGA I: według norm rosyjskich — wojenno inżynierskich należy obliczać słup na wyboczenie i stosować współczynnik  $\varphi$  przy  $l > 10 b$ .

UWAGA II: długość  $l$  = pewnej części rzeczywistej długości  $l_0$  słupa, a mianowicie:

1. obydwa końce słupa zamocowane

$$l = 0,5 l_0.$$

2. Jeden koniec zamocowany drugi ma przegub  
 $l = 0,7 l_0$
3. Obydwa końce zaopatrzone w przeguby  
 $l = l_0$
4. Jeden koniec zamocowany drugi swobodny  
 $l = 2 l_0$

TABELA Nr. 67.

do obliczania słupów

| Uzbrojenie<br>$\mu\%$              | Kwadrat lub pro-<br>stokąt—4 pręty żel. |       |       | F =<br>$F_b + n f_z$ | Kwadrat<br>8 prętów żel. |       |       | K o ł o |        |       |       | Uzbrojenie<br>$\mu\%$ |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|----------------------|--------------------------|-------|-------|---------|--------|-------|-------|-----------------------|
|                                    | J                                       | r     | e     |                      | J                        | r     | e     | F       | J      | r     | e     |                       |
| 0,8                                | 0,1025                                  | 0,303 | 0,183 | 1,120                | 0,0977                   | 0,295 | 0,174 | 0,89    | 0,0568 | 0,252 | 0,127 | 0,8                   |
| 1,2                                | 0,1121                                  | 0,308 | 0,190 | 1,180                | 0,1049                   | 0,298 | 0,178 | 0,944   | 0,0606 | 0,254 | 0,129 | 1,2                   |
| 1,6                                | 0,1217                                  | 0,313 | 0,196 | 1,240                | 0,1121                   | 0,301 | 0,181 | 0,992   | 0,0645 | 0,255 | 0,130 | 1,6                   |
| 2,0                                | 0,1315                                  | 0,318 | 0,202 | 1,300                | 0,1193                   | 0,303 | 0,183 | 1,040   | 0,0683 | 0,256 | 0,131 | 2,0                   |
| 2,5                                | 0,1353                                  | 0,320 | 0,205 | 1,325                | 0,1222                   | 0,304 | 0,185 | 1,060   | 0,0701 | 0,258 | 0,133 | 2,5                   |
| 3,0                                | 0,1392                                  | 0,321 | 0,206 | 1,350                | 0,1252                   | 0,305 | 0,186 | 1,080   | 0,0718 | 0,259 | 0,134 | 3,0                   |
| 3,5                                | 0,1432                                  | 0,323 | 0,209 | 1,375                | 0,1281                   | 0,305 | 0,186 | 1,100   | 0,0734 | 0,259 | 0,134 | 3,5                   |
| 4,0                                | 0,1473                                  | 0,324 | 0,210 | 1,400                | 0,1311                   | 0,306 | 0,187 | 1,120   | 0,0747 | 0,259 | 0,134 | 4,0                   |
| 6,0                                | 0,1633                                  | 0,330 | 0,218 | 1,500                | 0,1432                   | 0,309 | 0,191 | 1,197   | 0,0811 | 0,261 | 0,136 | 6,0                   |
| Mnożnik<br>dla kwad-<br>rat, 1 kół | $h'$                                    | $h$   | $h$   | $h^2$                | $h'$                     | $h$   | $h$   | $d^2$   | $d'$   | $d$   | $d$   |                       |
| Mnożnik<br>dla prostokąta          | $hb'$                                   | $b$   | $b$   | $hb$                 |                          |       |       |         |        |       |       |                       |



## Przykład V.

Podane: słup o przekroju kwadratowym,  $l = 5$  m.

$P = 30000$  kg.,  $\sigma_b = 25$  kg./cm.<sup>2</sup> Określić potrzebne

wymiary przekroju poprzecznego słupa przy  $\mu = 1,2\%$

$\sigma_s = n \sigma_b = 15,25 = 375$  kg./cm.<sup>2</sup>

$30000 = (F_b + 15 f_z) 25$ ;  $F_b + 15 f_z = 30000 : 25 = 1200$  cm.<sup>2</sup>,

$\mu = 1,2$ ;  $f_z : F_b = 0,01 \cdot 1,2$ ;  $F_b = 1200 : (1 + 15 \cdot 0,01 \cdot 1,2) =$

$= 1017$  cm.<sup>2</sup>;  $h = \sqrt{1017} = \text{około } 32$  cm., a  $f_z = 0,012 \times 1017 =$

$= 12,2$  cm.<sup>2</sup>, bierzemy 4 pręty  $\phi$  2 cm., co da rzeczywisty

$f_z = 12,57$  cm.<sup>2</sup> (tbl. № 68).

Sprawdzimy:

$5,100 : 32 = 15,6 < 18$  więc obliczanie na wyboczenie jest niepotrzebne; jeżeliby  $l = 6$  m., to  $l : h = 600 : 32 = \text{blisko } 19 > 18$  i wtedy należałoby przyjąć pod uwagę wybo-

czenie:  $30000 = F \varphi \sigma_b$ ;  $\varphi = 1,72 - 0,012 \frac{l}{r}$ , przy  $1,2\%$  żela-

za, według tabl. № 67,  $r = 0,308 h$ , więc  $l : r = 600 : 0,308 \cdot 32 =$

$= 60,8$  okrągło 61; według tabl. № 66  $\varphi = 0,988 \sim 0,99$ ,

ostatecznie winnoby być  $F = 30000 : 0,99 \cdot 25 = 1188$  cm.<sup>2</sup>

Słup wyżej obliczony ma  $F = 32 \cdot 32 + 15 \cdot 12,57 = 1212,45$  cm.<sup>2</sup>

t. j. nadaje się i przy wysokości 6 m.

## Przykład VI.

Wymiary poprzeczne słupa  $40 \times 40$  cm.,  $l = 4$  m.

$\sigma_b = 30$  kg./cm.<sup>2</sup>,  $P = 60000$  kg.; dać odpowiednie uzbrojenie.

$$F = 40 \cdot 40 + 15 f_z$$

według wzoru (42)  $F = \frac{60000}{30} = 2000$  cm.<sup>2</sup>, skąd

$2000 = 1600 + 15 f_z$ ;  $f_z = 26,67$  cm.<sup>2</sup>, a więc

$\mu = \frac{26,7 \cdot 100}{1600} = 1,7 < 2\%$ , posługując się tabl.

№ 68 wybieramy 4 pręty po 3 cm.  $\phi$  przy ogólnem  $f_z = 28,28$  cm.<sup>2</sup>

## b. Ciśnienie mimośrodkowe.

Wiadomo że dla przekroju prostokątnego

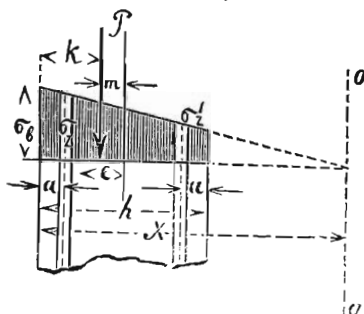
$$W = \frac{bh^2}{6} \text{ cm}^3, J = \frac{bh^3}{12}, \text{ a więc } W = J \cdot \frac{2}{h}$$

Stosownie do przyjętych powyżej oznaczeń otrzymujemy:  $F_z = f + f$ ;  $F = F_b + n (f + f_1) = F_b + n F_z$ ; promień rdzenia przekroju słupa

$$e = W : F = \frac{bh^2}{6F} + \frac{n F_z (h - 2a)^2}{2hF} \dots \dots \dots (43a)$$

Rozpatrzmy 3 wypadki:

1. Siła  $P$  działa w rdzeniu przekroju słupa t. j.  $m < e$  i  $x > \frac{h}{2}$  (rys. 206).



$$x : h = \sigma_b : (\sigma_b - \sigma_b^1);$$

$$x = \frac{\sigma_b}{(\sigma_b - \sigma_b^1)} \cdot h \quad (44)$$

$$x : (x - a) = n \sigma_b : \sigma_z$$

$$\sigma_z = \frac{x - a}{x} \cdot n \sigma_b \quad (45)$$

$$(x - h + a) : x = \sigma_z^1 : n \sigma_b$$

$$\sigma_z^1 = \frac{x - h + a}{x} \cdot n \sigma_b \quad (46)$$

Rys. 206.

$$\sigma_b = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} = \frac{P}{F} + \frac{P \cdot m}{W} \dots \dots \dots (47)$$

$$\sigma_b^1 = \frac{P}{F} - \frac{M}{W} = \frac{P}{F} - \frac{P \cdot m}{W} \dots \dots \dots (48)$$

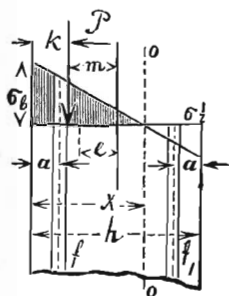
2  $m = e$  i  $x = h$

$$e = \frac{W}{F}, \text{ więc } \sigma_b = \frac{P}{F} + \frac{P}{W} \cdot \frac{W}{F} = \frac{2P}{F} \dots \dots \dots (49)$$

$$= \frac{h - a}{h} n \sigma_b \dots \dots \dots (50)$$

$$\sigma_{z1} = \frac{a}{h} \cdot n \cdot \sigma_b \quad (51)$$

3.  $m > e \text{ i } x < h$  (rys. 207)



Rys. 207.

$$\sigma_z = \frac{x - a}{x} \text{ n } \sigma_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

$$\sigma_{z1} = \frac{h - x - a}{x} n \sigma_b \quad . \quad (53)$$

$$P = \sigma_b \left[ \frac{bx}{2} + \frac{nf}{x} (2x-h) \right] \quad (54)$$

x odnajdziemy posługując się następującym wzorem:

$$\frac{b}{6nf} x^3 - \frac{bk}{2nf} x^2 - (2k-h)x = 2a^2 + h^2 - (2a+k)h. \quad (55)$$

gdzie  $k$  oddalenie siły  $P$  od krawędzi przekroju.

### Przykład VII.

Słup  $25 \times 25$  cm.,  $F_z = f + f_1 = 4$  pręty  $\psi$  po 2 cm. każdy,  $a = 2,5$  cm.,  $P = 12$  t., obciążenie mimośrodkowe  $m = 3$  cm.; określić nateżenia.

$$F_z = f + f_1 = 12,56 \text{ cm.}^2; F_b = 25,25 = 625 \text{ cm.}^2$$

$$\mu = 100 F_z : F_b = \frac{100 \cdot 12,56}{625} = 2\%.$$

Według tabl. № 67.

$$F = 1,3 \cdot 625 = 813 \text{ cm.}^2, J = 0,1313 \cdot 25^4 = 51313 \text{ cm.}^4$$

$$r = 0,318 \cdot 25 = 7,95 \text{ cm.}, e = 0,202 \cdot 25 = 5,05 \text{ cm.} > m.$$

$$W = \frac{2.51313}{25} = 4105 \text{ cm}^3$$

$$\text{wzór (47): } \sigma_{b1} = \frac{12000}{813} + \frac{12000.3}{4105} = 23,5 \text{ kg./cm.}^2$$

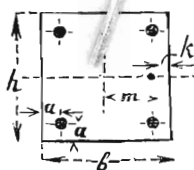
$$\text{wzór (48): } \sigma_{b1} = \frac{1200}{813} - \frac{12000.3}{4105} = 5,9 \text{ kg./cm.}^2$$

według wzorów (44), (45) i (46) odnajdziemy

$$x = 33,4 \text{ cm.}, \sigma_z = 326 \text{ kg/cm.}^2 \text{ i } \sigma_z^1 = 112 \text{ kg./cm.}^2.$$

### Przykład VIII.

$P = 5 \text{ ton}$ ,  $a = 3 \text{ cm.}$ ,  $h = b = 25 \text{ cm.}$ ,  $m = 10 \text{ cm.}$   
 $k = 12,5 - 10 = 2,5 \text{ cm.}$  (rys. 208):



Rys. 208..

$$F_z = f + f_1 = 12,56 \text{ cm.}^2, f = 6,28 \text{ cm.}^2$$

Odnajdziemy  $x$  posługując się wzorem (55)

$$\frac{25 x^3}{6.15.6,28} - \frac{25 \cdot 2,5}{2.15.6,28} x^2 + 20 x = 2.3^2 +$$

$$+ 25^2 - 8,5 \cdot 25; x^3 - 7,5 x^2 + 450,2 x - 9740 = 0; x = 16,3 \text{ cm}$$

według wzoru (54)  $\sigma_b = 20,2 \text{ kg./cm.}^2$ , wzory (52) i (53) dadzą:  $\sigma_z = 249 \text{ kg./cm.}^2$ ,  $\sigma_z^1 = 107 \text{ kg./cm.}^2$ .

## H. Słupy Consider'a (uzwojone).

Oznaczenia:

$P$ ,  $F$ ,  $F_b$  i  $F_z$  — jak wyżej

$F_u$  — ogólne pole przekroju prętów, faktycznie nieistniejących, no które można otrzymać dzielając przypadające na 1 m. wysokości słupa uzbrojenie (zwoje) na kawałki 1 m. długie i ustawiając ich pionowo.

Consider przyjmuje że: 1—beton w słupie okręconym spiralnie żelazem pracuje 1,5 razy lepiej od betonu w słupie zwykłym, 2—żelazo w uzwoinach pracuje 2,4 tyle co zwykle uzbrojenie i 3—żelazo w uzwoinach równoznaczne jest z prętami pionowymi uzbrojenia słupa, 1 m. b. których waży tyle ile waży żelazo uzwojone na 1 m. wysokości słupa; skok zwoju — od  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{10}$  średnicy słupa.

Przyjmują:

$F = F_b + 15 F_z + \text{od } 30 \text{ do } 35 F_u$ , przytem  $F$  winno być nie  $> 2 F_b$

$P = \sigma_b \cdot F$ , gdzie  $\sigma_b$  dozwolone natężenie w betonie na ściskanie, na ogół nie większe  $\frac{1}{10}$  wytrzymałości nie-trwałej betonu przy ściskaniu.

### Przykład IX.

Słup okrągły,  $d = 40$  cm., ma 8 pionowych prętów żelaznych po 2 cm. grubych t j.  $F_z = 25,12$  cm.<sup>2</sup>; żelazo na uzwojeniu  $\psi$  1 cm. i na 1 m. wysokości słupa przypada 25 zwojów;  $a = 3$  cm.,  $\sigma_b = 25$  kg./cm.<sup>2</sup>; określić — jakie obciążenie słup wytrzyma ( $P$ ).

$$d - 2a = 40 - 6 = 36 \text{ cm. więc}$$

$$F = \frac{25 \cdot 3,14 \cdot 36}{100} \cdot \frac{3,14 \cdot 1 \cdot 1}{4} = 22,18 \text{ cm.}^2$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 40}{40} + 15 \cdot 25,12 + 30 \cdot 22,18 = 2298,2 \text{ cm.}^2 < 2 F_b$$

$$P = 2298,2 \cdot 25 = 57455 \text{ kg. czyli } 57,5 \text{ t.}$$

### G. Obliczanie sklepień żelbetowych.

$P$  — ogólne obciążenie sklepienia przypadające na połowę rozpiętości kg.

$l$  — rozpiętość, m.

$f$  — strzałka sklepienia m.

$b$  — szerokość pasa sklepienia cm.

$H$  — rozpór poziomy kg.

$h_0$  — grubość sklepienia w zworniku cm.

$h_w$  — grubość sklepienia w wezglowiu cm.

$f$  i  $f_1$  — pole przekroju uzbrojenia — cm.<sup>2</sup>

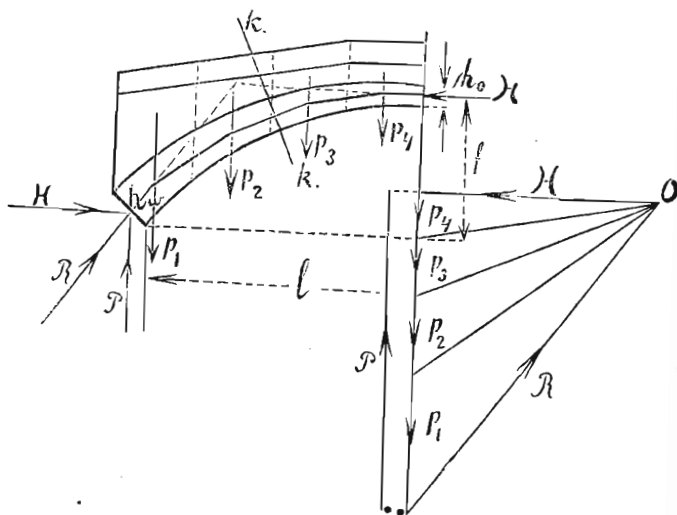
$R$  — wypadkowa sił  $P$  i  $H$  — kg.

Po obliczeniu obciążeń  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  i  $p_4$  i wykreśleniu wielokąta sznurowego tak, żeby jego pierwszy promień był poziomy, wielokąt sił określi trzy siły  $H$ ,  $P$  i  $R$  znajdu-

jące się w równowadze; przy materiale jednolitym ciśnienie na 1 cm.<sup>2</sup> będzie:

$$\text{w zworniku } \sigma_0 = \frac{H}{h_0 b} \text{ kg./cm.}^2$$

$$\text{w węzłowie } \sigma_w = \frac{R}{h_w b} \text{ kg./cm.}^2$$



Rys. 209.

Przy materiale złożonym, naprz. z betonu i żelaza t. j. żelbetonu, otrzymamy:

$$\sigma_0 = \frac{H}{b h_0 + 2 n f} \text{ kg./cm.}^2$$

$$\sigma_w = \frac{R}{b h_w + n f} \text{ kg./cm.}^2$$

Może się zdarzyć iż linja ciśnień łuku, w jakim bądź przekroju kk nie przejdzie przez środek ciężkości przekroju, nawet wytknie się zewnątrz przekroju, co będzie

odpowiadało wypadkowi ciśnienia mimośrodkowego i tu znajdują zastosowanie wzory od 44 do 55 łącznie.

### Przykład X.

Przypuśćmy iż dla pewnego przekroju sklepienia kk obliczono:  $M = 1500000 \text{ kg./cm.}$ ,

$p = 60000 \text{ kg.}$ ,  $b = 100 \text{ cm.}$ ,  $h = 65 \text{ cm.}$ ,  $f = f_1 = 6,28 \text{ cm.}^2$   
 $a = 5 \text{ cm.}$

$$m = \frac{M}{p} = 1500000 : 60000 = 25 \text{ cm.}$$

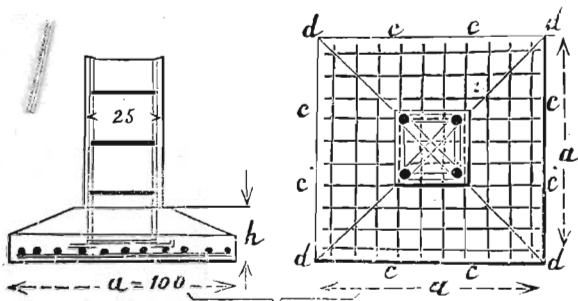
$$F_z = f + f_1 = 2 \cdot 6,28 = 12,56 \text{ cm.}^2$$

$$k = \frac{h}{2} - m = 32,5 - 25 = 7,5 \text{ cm. (rys. 206 i 207)}$$

dla określenia e — promienia rdzenia przekroju słupa i x wykorzystamy wzory 43 a i 55 (str. 340 i 341), a następnie odszukamy  $\sigma_b$ ,  $\sigma_z$  i  $\sigma_z^1$ .

### K. Płyty fundamentowe.

Płyty fundamentowe pod słupy zwykle mają wymiary kwadratowe; wymiary podeszwy płyty zależą od obciążenia słupa ( $P$ ) i odporności gruntu; zwykle płaskowo-gliniaste grunty wytrzymują ciśnienie od 2 do  $2\frac{1}{2} \text{ kg./cm.}^2$



Rys. 210.

Przyjmując obciążenie na płytę od słupa — 21,5 t.  
 Wagę własną płyty . . . . . 1,0 t.  
 Razem . 22,5 t.

w tedy powierzchnia podszwy płyty, przy dopuszczalnym ciśnieniu na grunt 2,25 kg./cm.<sup>2</sup>

$$F_b = \frac{22,5 \cdot 1000}{2,25} = 10000 \text{ cm.}^2, \text{ skąd wymiar strony kwadratu } a = \sqrt{10000} = 100 \text{ cm.}$$

$$\text{dratu } a = \sqrt{10000} = 100 \text{ cm.}$$

Koniecznym jest zapobiedz, złamaniu się płyty po jednej z linii C C; na każdą część płyty cc dd przypada obciążenie,  $(100 - 25) \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 2,25 = 8537,5 \text{ kg.}$

$$M = 8437,5 \cdot \frac{100 - 25}{2} \cdot \frac{1}{2} = 150203 \text{ kg./cm.};$$

użyte gatunki betonu i żelaza pozwalają przyjąć  $\sigma_b = 30 \text{ kg./cm.}^2$ ,  $\sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$ , posługując się tabl. № 63 (str. 314) otrzymamy grubość płyty przy słupie

$$h - a = 0,490 \sqrt{\frac{150203}{100}} = 19,5 \text{ cm.}$$

pole przekroju uzbrojenia

$$f = 0,00228 \sqrt{150203 \cdot 100} = 9,07 \text{ cm.}^2, \text{ bierze się 10 prętów } \psi \text{ 1,1 cm. przy } f = 9,5 \text{ cm.}^2$$

$$x = 0,310 \cdot 19,5 = 6,04 \text{ cm.} \sim 6 \text{ cm.}$$

przyjmujemy  $a = 4 \text{ cm.}$ , wtedy  $h = 23,5 \text{ cm.}$

$$\tau_b = \frac{8437,5}{100 \left( 23,5 - 4 - \frac{6}{3} \right)} = 4,8 \text{ kg./cm.}^2$$

Żeby, zapobiedz przesuwaniu się żelaza w betonie, należy końce prętów żelaznych odgiąć; zagięcie pionowych prętów uzbrojenia słupa (rys. 210) zabezpieczy ścinanie płyty słupem.



## L. Schody.

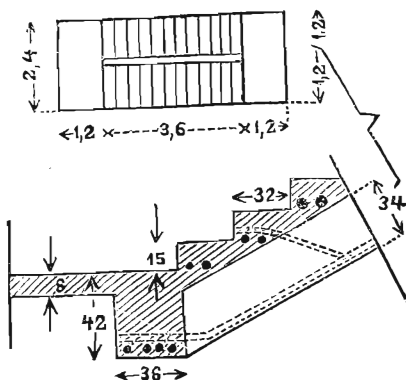
1. Schody płytowe obliczają jak zwykłą płytę położoną na dwóch oporach, uzbrojenie układa się wzdłuż osi schodów.

2. Schody krokstynowe t. j. schody o stopniach umocowanych jednym końcem w murze (bez belki podestowej); uzbrojenie układa się wzdłuż stopnia, przytem rozciąganie w górnej warstwie stopnia.

3. Schody wangowe — składają się z belek podłużnych opartych na belkach podestowych, stopnie opierają się jednym końcem na ścianę klatki schodowej, drugim na belce podłużnej, lub opierają się na 2-ch belkach podłużnych.

### Przykład XI.

Schody wangowe rys. 211, przyjmujemy: waga własna 600 kg./m.<sup>2</sup>, obciążenie pożyteczne — 500 kg./m.<sup>2</sup>, razem — 1100 kg./m.<sup>2</sup>.



Rys. 211.

#### 1. Stopnie:

$$l = l_0 + 10\% = 1,3 \text{ m. } \sigma_b = 30 \text{ kg./cm.}^2, \sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$$

$$M = \frac{1100 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 100}{10} = 18590 \text{ kg./cm.};$$

obliczenie przeprowadza się jednocześnie dla kilku stopni przypadających na 1 m. długości schodów, tabl. № 63 (str. 314) daje:

$$h - a = 0,490 \sqrt{\frac{18590}{100}} = 0,490 \cdot 13,6 = 6,67 \text{ cm.} \approx 7 \text{ cm.}$$

$$h = 10 \text{ cm.}$$

$$f = 0,00228 \sqrt{18590 \cdot 100} = 3,1 \text{ cm}^2, \text{ bierzemy 2 pręty } \phi 1,5 \text{ cm.}$$

$$i f = 3,54 \text{ cm}^2$$

## 2. Belki podłużne (wangi):

$$l = l_0 + 10\% = 3,6 + 0,36 = \approx 4 \text{ m.}$$

### Obciążenia:

waga własna . . . . . 120 kg. na 1 m. b.

waga od stopni  $1,2 \cdot 1100 \frac{1}{2} = 660 \text{ kg. na 1 m. b.}$

Ogółem . 780 kg./m. b.

$$b = 30 \text{ cm., } M = \frac{780 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 100}{10} = 124800 \text{ kg./cm.}$$

$$h - a = 0,490 \sqrt{\frac{124800}{30}} = 0,490 \cdot \frac{353}{5,5} = 32,35 \text{ cm.; } h = 34 \text{ cm.}$$

$$f = 0,00228 \sqrt{124800 \cdot 30} = 4,40 \text{ cm}^2, 3 \text{ pręty } \phi 1,4 \text{ cm.}$$

$$i f = 4,62 \text{ cm}^2.$$

## 3. Belka podestowa:

### Obciążenie:

waga własna belki . . . . . 200 kg./m. b.

waga własna podestu

240 kg./m.<sup>2</sup>, więc .  $240 \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 144 \text{ kg./m. b.}$

### Obciążenie pożyteczne na

podescie . . . . . 500, 1,2 \cdot 0,5 = 300 kg./m. b.

Razem obciąż. równomiernie rozłożonego . 644 kg./m. b.

Obciążenie skupione — od 2-ch wang:

$$780 \cdot 3,6 \cdot 0,5 \cdot 2 = 2808 \text{ kg.}$$

$$l = 2,4 + 10\% = 2,6 \text{ m.}; b = 36 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{644 \cdot 2,6 \cdot 2,6 \cdot 100}{10} + \frac{2808 \cdot 2,6 \cdot 100}{4} = 226054 \text{ kg.}|\text{cm.}$$

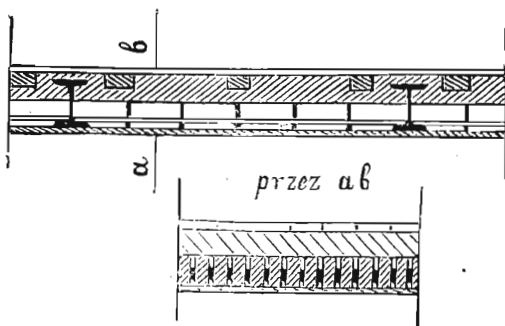
$$h - a = 0,490 \sqrt{\frac{226054}{36}} = 0,490 \cdot 79 = 37,7 \approx 38 \text{ cm.}; h = 42 \text{ cm.}$$

$$f = 0,00228 \sqrt{226054 \cdot 36} = 6,5 \text{ cm.}^2, \text{ bierzemy 4 pręty}$$

$$\psi 1,4 \text{ cm. i } f = 6,6 \text{ cm.}^2.$$

### M. Obliczanie stropów żelazo-ceglanych.

Konstrukcja żelazo-ceglana wskazana rys. 212. Stosunek współczynników sprężystości żelaza i cegły  $n$  przyj-



Rys. 212.

mują = 25. Największe natężenie ściskające (przy zginaniu) dla cegły nie powinno być większym nad 15% od wytrzymałości nietrwałej cegły przy ściskaniu, ale w każdym razie nie może być większym niż 34 kg./cm.<sup>2</sup>, przytem należy dać zaprawę cementową. Jeżeli na murze ceglanym ułożona warstwa betonu cementowego nie grubsza 5 cm., to jak wskazano wyżej  $n = 25$ , przy warstwie betonu grubszej 5 cm., a także jeżeli warstwa obojętna mieści się w betonie,

obliczenie przeprowadza się jak zwykłych płyt żelbetowych przyjmując  $n = 15$ ; cegła w tym wypadku rozpatruje się wyłącznie jak materiał wypełniający dolną część belki.

Natężenia ścinające dla cegły przyjmują nie większe nad  $2,5 \text{ kg./cm.}^2$ . Jeżeli strop opiera się na dolne ramiona dwuteówek i dobrze przylega do ścianek ich, moment

może być obliczony według wzoru:  $M = \frac{P \cdot l^2}{10}$

## TABELA

dla obliczeń stropów żelazo-ceglanych

przy  $b = 1 \text{ m.}$ ,  $n = 25$ ,  $\sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$ ,  $M$  — kgm.

| $\sigma_c \text{ kg./cm.}^2$ | $x \text{ cm.}$ | $(h - a) \text{ cm.}$ | $f_e \text{ cm.}^2$ |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| 10                           | 0,200 (h—a)     | 1,035 $\sqrt{M}$      | 0,104 $\sqrt{M}$    |
| 12                           | 0,231 — „ —     | 0,885 — „ —           | 0,122 — „ —         |
| 15                           | 0,273 — „ —     | 0,733 — „ —           | 0,150 — „ —         |
| 18                           | 0,310 — „ —     | 0,632 — „ —           | 0,177 — „ —         |
| 20                           | 0,333 — „ —     | 0,581 — „ —           | 0,194 — „ —         |
| 22                           | 0,355 — „ —     | 0,539 — „ —           | 0,210 — „ —         |
| 24                           | 0,375 — „ —     | 0,504 — „ —           | 0,227 — „ —         |
| 30                           | 0,429 — „ —     | 0,426 — „ —           | 0,275 — „ —         |
| 35                           | 0,467 — „ —     | 0,381 — „ —           | 0,311 — „ —         |

### Przykład XII.

Obliczyć strop Klein'a przy rozpiętości 1,6 m.

Obciążenie:

Obciążenie pożyteczne. . . . . 600 kg/m<sup>2</sup>

Posadzka z płytek, zapr. cemen-

towa  $0,04 \cdot 2000 =$  . . . . . 80 — „ —

Beton żuźlowy —  $0,12 \cdot 1000 =$  . . . . . 120 — „ —

Warstwa cegły dziurawej  $0,10 \cdot 1000$  . . . . . 100 — „ —

Tynk . . . . . 20 — „ —

Razem . 920 kg./m.

$$M = \frac{920 \cdot 1,6 \cdot 1,6}{10} = 236 \text{ kgm.}$$

posługując się tabelą i przyjmując

$\sigma_c = 20 \text{ kg./cm.}^2$ , a  $\sigma_z = 1000 \text{ kg./cm.}^2$  otrzymamy

$$h - a = 0,581 \cdot \sqrt{236} = 0,581 \cdot 15,3 = 8,89 \text{ cm.}$$

$$h = 8,89 + 2,1 = 11 \text{ cm.}$$

$$f_e = 0,194 \cdot \sqrt{236} = 2,97 \text{ cm.}^2 \text{ na } 100 \text{ cm. szerokości;}$$

przyjmując pod uwagę wymiary cegły (str. 137) i wymiary spoin (str. 162) na szerokości 1 m. można ułożyć 12 rzędów cegły, a więc i 12 taśm żelaza pomiędzy rzędy

$$\text{cegły, skąd przekrój 1 taśmy żelaza } f_{e^1} = \frac{2,97}{12} = 0,25 \text{ cm.}^2,$$

bierzemy taśmę żelaza (tabl. № 51 str. 133)  $2 \times 13 \text{ mm.}$  przy  $f_{e^1} = 0,26 \text{ cm.}^2$  i zakładamy środek ciężkości taśmy

$$\text{od dolnej powierzchni stropu w odległości } 2,1 - \frac{1,3}{2} = 1,45 \text{ cm.}$$



# DODATKI

## DODATEK № 1.

## TABELA № 68.

Okrągłych prętów żelaznych (krągowników).

| Średnica<br>d<br>cm. | Waga<br>1 m. b<br>funt. | Waga<br>1 m. b<br>kg. | Obwód<br>πd<br>cm. | POLE PRZEKROJU PRZY IŁOŚCI PRĘTÓW: |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                      |                         |                       |                    | 1<br>cm. <sup>2</sup>              | 2<br>cm. <sup>2</sup> | 3<br>cm. <sup>2</sup> | 4<br>cm. <sup>2</sup> | 5<br>cm. <sup>2</sup> | 6<br>cm. <sup>2</sup> | 7<br>cm. <sup>2</sup> | 8<br>cm. <sup>2</sup> | 9<br>cm. <sup>2</sup> | 10<br>cm. <sup>2</sup> |
| 0,2                  | 0,059                   | 0,024                 | 0,63               | 0,03                               | 0,06                  | 0,09                  | 0,13                  | 0,16                  | 0,19                  | 0,22                  | 0,25                  | 0,28                  | 0,31                   |
| 0,3                  | 0,134                   | 0,055                 | 0,94               | 0,07                               | 0,14                  | 0,21                  | 0,28                  | 0,35                  | 0,42                  | 0,49                  | 0,56                  | 0,64                  | 0,70                   |
| 0,4                  | 0,239                   | 0,098                 | 1,26               | 0,13                               | 0,25                  | 0,38                  | 0,50                  | 0,63                  | 0,76                  | 0,88                  | 1,00                  | 1,13                  | 1,26                   |
| 0,5                  | 0,376                   | 0,154                 | 1,57               | 0,20                               | 0,39                  | 0,59                  | 0,78                  | 0,98                  | 1,18                  | 1,37                  | 1,57                  | 1,76                  | 1,96                   |
| 0,6                  | 0,542                   | 0,222                 | 1,89               | 0,28                               | 0,57                  | 0,85                  | 1,13                  | 1,41                  | 1,70                  | 1,98                  | 2,26                  | 2,55                  | 2,83                   |
| 0,7                  | 0,737                   | 0,302                 | 2,20               | 0,38                               | 0,77                  | 1,16                  | 1,54                  | 1,93                  | 2,31                  | 2,70                  | 3,08                  | 3,47                  | 3,85                   |
| 0,8                  | 0,965                   | 0,395                 | 2,51               | 0,50                               | 1,01                  | 1,51                  | 2,01                  | 2,52                  | 3,02                  | 3,52                  | 4,02                  | 4,53                  | 5,03                   |
| 0,9                  | 1,219                   | 0,499                 | 2,83               | 0,64                               | 1,27                  | 1,91                  | 2,54                  | 3,18                  | 3,82                  | 4,45                  | 5,09                  | 5,72                  | 6,36                   |
| 1,0                  | 1,507                   | 0,617                 | 3,14               | 0,79                               | 1,57                  | 2,36                  | 3,14                  | 3,93                  | 4,71                  | 5,50                  | 6,28                  | 7,06                  | 7,85                   |
| 1,1                  | 1,822                   | 0,746                 | 3,46               | 0,95                               | 1,90                  | 2,85                  | 3,80                  | 4,75                  | 5,70                  | 6,65                  | 7,60                  | 8,55                  | 9,50                   |
| 1,2                  | 2,168                   | 0,888                 | 3,77               | 1,13                               | 2,26                  | 3,39                  | 4,52                  | 5,65                  | 6,78                  | 7,91                  | 9,04                  | 10,17                 | 11,30                  |

## POLE PRZEKROJU PRZY IŁOŚCI PRĘTÓW:

| Średnica<br>d<br>cm. | Waga<br>1 m. b<br>funt. | Waga<br>1 m. b<br>kg. | Obwód<br>$\pi d$<br>cm. | POLE PRZEKROJU PRZY IŁOŚCI PRĘTÓW: |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                      |                         |                       |                         | 1<br>cm. <sup>2</sup>              | 2<br>cm. <sup>2</sup> | 3<br>cm. <sup>2</sup> | 4<br>cm. <sup>2</sup> | 5<br>cm. <sup>2</sup> | 6<br>cm. <sup>2</sup> | 7<br>cm. <sup>2</sup> | 8<br>cm. <sup>2</sup> | 9<br>cm. <sup>2</sup> | 10<br>cm. <sup>2</sup> |
| 1,3                  | 2,544                   | 1,042                 | 4,08                    | 1,33                               | 2,66                  | 3,99                  | 5,31                  | 6,64                  | 7,96                  | 9,29                  | 10,62                 | 11,95                 | 13,27                  |
| 1,4                  | 2,950                   | 1,208                 | 4,40                    | 1,54                               | 3,08                  | 4,62                  | 6,16                  | 7,70                  | 9,24                  | 10,78                 | 12,32                 | 13,86                 | 15,40                  |
| 1,5                  | 3,387                   | 1,387                 | 4,71                    | 1,77                               | 3,54                  | 5,31                  | 7,08                  | 8,85                  | 10,60                 | 12,37                 | 14,14                 | 15,90                 | 17,67                  |
| 1,6                  | 3,853                   | 1,578                 | 5,03                    | 2,01                               | 4,02                  | 6,03                  | 8,04                  | 10,05                 | 12,06                 | 14,06                 | 16,08                 | 18,09                 | 20,10                  |
| 1,7                  | 4,352                   | 1,782                 | 5,34                    | 2,27                               | 4,54                  | 6,81                  | 9,08                  | 11,35                 | 13,62                 | 15,89                 | 18,16                 | 20,43                 | 22,70                  |
| 1,8                  | 4,879                   | 1,998                 | 5,65                    | 2,54                               | 5,08                  | 7,62                  | 10,18                 | 12,72                 | 15,27                 | 17,71                 | 20,36                 | 22,90                 | 25,45                  |
| 1,9                  | 5,436                   | 2,226                 | 5,97                    | 2,84                               | 5,68                  | 8,52                  | 11,34                 | 14,18                 | 17,01                 | 19,85                 | 22,68                 | 25,52                 | 28,35                  |
| 2,0                  | 6,022                   | 2,466                 | 6,28                    | 3,14                               | 6,28                  | 9,42                  | 12,57                 | 15,70                 | 18,84                 | 21,98                 | 25,12                 | 28,26                 | 31,40                  |
| 2,1                  | 6,640                   | 2,719                 | 6,60                    | 3,46                               | 6,92                  | 10,38                 | 13,84                 | 17,30                 | 20,76                 | 24,22                 | 27,68                 | 31,14                 | 34,60                  |
| 2,2                  | 7,287                   | 2,984                 | 6,91                    | 3,80                               | 7,60                  | 11,40                 | 15,20                 | 19,00                 | 22,80                 | 26,60                 | 30,40                 | 34,20                 | 38,00                  |
| 2,3                  | 7,963                   | 3,261                 | 7,23                    | 4,15                               | 8,30                  | 12,45                 | 16,62                 | 20,77                 | 24,93                 | 29,08                 | 33,20                 | 37,35                 | 41,50                  |
| 2,4                  | 8,671                   | 3,554                 | 7,54                    | 4,52                               | 9,04                  | 13,56                 | 18,08                 | 22,60                 | 27,12                 | 31,64                 | 36,16                 | 40,68                 | 45,20                  |
| 2,5                  | 9,409                   | 3,853                 | 7,85                    | 4,91                               | 9,82                  | 14,73                 | 19,64                 | 24,55                 | 29,45                 | 34,37                 | 39,28                 | 44,19                 | 49,10                  |



| Średnica<br>d<br>cm. | Waga<br>1 m. b<br>funt. | Waga<br>1 m. b<br>kg. | Obwód<br>$\pi d$<br>cm. | POLE PRZĘKROJU PRZY IŁOŚCI PRĘTÓW: |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                      |                         |                       |                         | 1<br>cm. <sup>2</sup>              | 2<br>cm. <sup>2</sup> | 3<br>cm. <sup>2</sup> | 4<br>cm. <sup>2</sup> | 5<br>cm. <sup>2</sup> | 6<br>cm. <sup>2</sup> | 7<br>cm. <sup>2</sup> | 8<br>cm. <sup>2</sup> | 9<br>cm. <sup>2</sup> | 10<br>cm. <sup>2</sup> |
| 2,6                  | 10,178                  | 4,168                 | 8,17                    | 5,31                               | 10,62                 | 15,93                 | 21,24                 | 26,55                 | 31,86                 | 37,17                 | 42,48                 | 47,79                 | 53,10                  |
| 2,7                  | 10,976                  | 4,495                 | 8,48                    | 5,73                               | 11,46                 | 17,19                 | 22,92                 | 28,65                 | 34,38                 | 40,11                 | 45,84                 | 51,57                 | 57,30                  |
| 2,8                  | 11,804                  | 4,834                 | 8,80                    | 6,16                               | 12,32                 | 18,48                 | 24,63                 | 30,80                 | 36,96                 | 43,12                 | 49,28                 | 55,44                 | 61,60                  |
| 2,9                  | 12,661                  | 5,185                 | 9,11                    | 6,61                               | 13,22                 | 19,83                 | 26,44                 | 33,05                 | 39,66                 | 46,27                 | 52,83                 | 59,49                 | 66,10                  |
| 3,0                  | 13,550                  | 5,549                 | 9,42                    | 7,07                               | 14,14                 | 21,21                 | 28,28                 | 35,35                 | 42,42                 | 49,49                 | 56,56                 | 63,63                 | 70,70                  |
| 3,2                  | 15,416                  | 6,313                 | 10,05                   | 8,04                               | 16,08                 | 24,12                 | 32,16                 | 40,20                 | 48,24                 | 56,28                 | 64,32                 | 72,36                 | 80,40                  |
| 3,4                  | 17,404                  | 7,127                 | 10,68                   | 9,08                               | 18,16                 | 27,24                 | 36,32                 | 45,40                 | 54,48                 | 63,56                 | 72,64                 | 81,72                 | 90,79                  |
| 3,5                  | 18,424                  | 7,545                 | 11,00                   | 9,62                               | 19,24                 | 28,86                 | 38,48                 | 48,11                 | 57,73                 | 67,35                 | 76,97                 | 86,59                 | 96,21                  |
| 3,6                  | 19,511                  | 7,990                 | 11,31                   | 10,18                              | 20,36                 | 30,54                 | 40,72                 | 50,90                 | 61,08                 | 71,26                 | 81,44                 | 91,62                 | 101,79                 |
| 3,8                  | 21,740                  | 8,903                 | 11,94                   | 11,34                              | 22,68                 | 34,02                 | 45,36                 | 56,70                 | 68,04                 | 79,38                 | 90,72                 | 102,06                | 113,41                 |
| 4,0                  | 23,931                  | 9,865                 | 12,57                   | 12,57                              | 25,14                 | 37,71                 | 50,28                 | 62,85                 | 75,42                 | 87,99                 | 100,56                | 113,13                | 125,66                 |
| 4,2                  | 26,558                  | 10,876                | 13,20                   | 13,85                              | 27,71                 | 41,56                 | 55,42                 | 69,27                 | 83,12                 | 96,98                 | 110,83                | 124,68                | 138,54                 |
| 4,5                  | 30,487                  | 12,485                | 14,14                   | 15,90                              | 31,81                 | 47,71                 | 63,62                 | 79,52                 | 95,42                 | 111,33                | 127,23                | 143,14                | 159,04                 |

## DODATEK № 2.

Tymczasowe przepisy budowy i utrzymania mostów drogowych z dodatkiem tymczasowych przepisów dotyczących,

A. Cementów i dodatków hydraulicznych

B. Prób wytrzymałości betonu

C. Żelaza budowlanego

Zatwierdzone przez P. Ministra Robót Publicznych rozporządzeniem z dnia 4 Marca 1920 roku № 6342-IV-4-213.

(wyciąg)

### Rozdział I.

#### Postanowienia ogólne.

§ 2. Mosty na drogach kołowych dzielą się na 3 klasy, a mianowicie:

a — na mosty pierwszej klasy na drogach głównych, czyli pierwszorzędných, i na drogach drugorzędnych w takich miejscowościach, w których silnie rozwinięty ruch kołowy wymaga mostów szerszych i silniejszych;

b — na mosty drugiej klasy na drogach drugorzędnych i główniejszych ulicach miejscowości o ruchu niewielkim;

c — na mosty trzeciej klasy na drogach podrzędnego znaczenia o lekkim i słabym ruchu kołowym.

§ 7. Projekt wstępny czyli ogółowy ma zawierać:

a — w tytule nazwę i siedzibę zarządu drogi, dokładne określenie miejsca budowy mostu i klasę do której ma być most zaliczony.

b — uzasadnienie potrzeby budowy mostu, klasy mostu i głównych wymiarów, ewentualnie wyboru miejsca. Jeżeli są zgłoszone lub możliwe pretensje prawne sąsiadów, należy przedłożyć sprawozdanie co do przeprowadzonych pertraktacji.

c — Plany: sytuacyjny z oznaczeniem osi mostu w podziałce 1:1000, ewentualnie katastralny 1:1440, profil podłużny drogi z projektowaną niwelatą mostu

(1 : 1000 i 1 : 100); rzut poziomy, przekrój poprzeczny i podłużny przez przeszkodę, którą most przekracza, z wkreślonym projektem mostu — (1 : 100 lub 1 : 200); w razie przebudowy mostu także plany schematyczne mostu starego.

W planach należy uwidocznic granice własności i potrzebne do zajęcia grunty i budowle, znaki graniczne, wysokości i kilometrowe i t. p. szczegóły, które mogą uzasadnić potrzebę budowy mostu, wybór miejsca budowy, projektowaną rozpiętość i szerokość mostu.

d. Uzasadnienie światła mostu, przyczem należy dołączyć potrzebne daty, jako to:

- 1 — daty przyjęte do obliczenia
- 2 — obliczenie ilości i stanu największej katastrofalnej wody
- 3 — obliczenie rozpiętości w świetle
- 4 — obliczenie spiętrzenia
- 5 — obliczenie chyżości pod mostem
- 6 — daty odnoszące się do rozpiętości istniejących mostów poniżej i powyżej miejsca budowy.

e — Opis geologiczny terenu z przekrojem gruntu w osi mostu i z oznaczeniem warstw i wytrzymałości ze względu na fundowanie, oraz z oznaczeniem stanu wody gruntowej.

Dla mostów większych, zwłaszcza łukowych lub sklepionych, należy dołączyć opis i wyniki sadowania gruntu, z planem sytuacyjnym otworów próbnych i próbkami wydobytych gatunków ziemi. Geologiczny profil podłużny podać należy w skali 1 : 100 (podziałka skażona).

f — Opis techniczny projektowanej konstrukcji mostu, z podaniem sposobu i warunków fundamentowania.

g — Wykaz gruntów, które mają być zajęte pod budowę, zawierający liczby parcel, nazwiska właścicieli, ciężary hipoteczne, dochód katastralny i t. p.

h — Zestawienie przybliżonych kosztów budowy w razie jeżeli je pokrywa w części lub całości Skarb Państwa.

## § 9. Wymiary mostów drogowych.

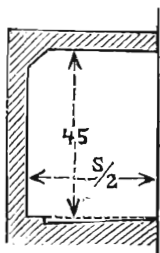
1. Szerokość mostu ma zasadniczo umożliwić minięcie się dwóch wozów na moście, ewentualnie urządzenie chodników dla ruchu pieszego.

2. Najmniejsze dopuszczalne wymiary poprzeczne mostu:

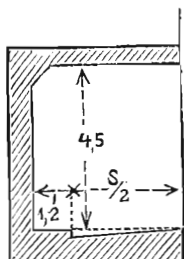
### Typ 1. (rys. 213)

Dla mostów położonych w odwartym polu lub w miejscowościach zamieszkałych o małym ruchu pieszego najmniejsza szerokość jezdni:

|            |         |               |
|------------|---------|---------------|
| Dla mostów | I klasy | $S = 6,60$ m. |
| „          | „ II „  | $S = 5,60$ m. |
| „          | „ III „ | $S = 500$ m.  |



Rys. 213.

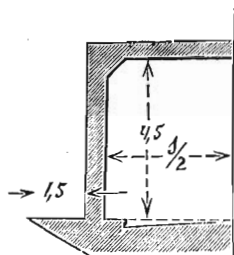


Rys. 214.

### Typ 2. (rys. 214)

Dla mostów I klasy  $S = 6,00$  m.

" " II "  $S = 5,20$  m.



Rys. 215.

### Typ 3. (rys. 215)

Dla mostów I klasy  $S = 6,00$  m.

" " II "  $S = 5,20$  m.

Mosty typy 2 i 3 w miejscowościach zamieszkałych o dużym ruchu pieszych.

§ 3. Przy mostach o przekroju zamkniętym tężniakami (wiatrownicami) u góry, lub przy umieszczeniu jakiegokolwiek konstrukcji wystającej nad powierzchnię jezdni lub chodników, należy przyjąć wysokość w świetle dla chodników najmniej 2,5 m., a dla jezdni odpowiednio do wysokości środków komunikacyjnych, co najmniej 4,5 m.

§ 4. Długość mostu i rozpiętość przęseł w świetle powinny odpowiadać miejscowym warunkom i rodzajowi przeszkody, którą most przekracza.

Projekty mostów nad rzekami spławnymi i żeglownymi winny uwzględniać możliwość ruchu na drogach holowniczych i na brzegach przy poziomie normalnym.

Przy przejściu przez łuki dróg wodnych należy stosować duże rozpiętości przęseł, ażeby przy wysokich stanach wód statki mogły swobodnie obierać najdogodniejszy kierunek i nie były rzucane przez bystry prąd na filary.

§ 5. Najmniejsze wzniesienie dolnej krawędzi konstrukcji niosącej mostu oznacza się jak następuje:

a. Jeżeli most przekracza strugi wodne, dolna krawędź winna być wzniesiona ponad najwyższy znany stan wody co najmniej 0,5 m., na rzekach spławnych co najmniej 2,5 m, zaś na rzekach żeglownych co najmniej 5,0 m., utrzymane na szerokości 5 m. (dla zarysów łukowych) o ile inaczej nie zarządzają władze żeglugi. Łożyska dźwigarów głównych i kaptury powinny się znajdować nad najwyższym znanym stanem wody.

Łukowe mosty kamienne i betonowe, o ile mają strzałkę mniejszą niż  $\frac{1}{6}$  rozpiętości, a styczna nasadowa nie jest pionowa, należy założyć tak, ażeby zwierciadło najwyższego znanego stanu wody nie sięgało ponad wezglowia. W razie jeżeli strzałka przekracza  $\frac{1}{6}$  rozpiętości, nie powinno zwierciadło najwyższego znanego stanu wody sięgać ponad punkt, w którym promień poprowadzony pod kątem  $30^{\circ}$  ze środka koła, zakreślającego najniższą część podniebienia łuku, przebija podniebienie.

b. Dolną krawędź mostów, przekraczających linie kolejowe, należy wnieść ponad skrajnię wozów kolejowych, odpowiednio do przepisów Ministerstwa Kolei.

Przy mostach drewnianych wzniesienie to winno wynosić co najmniej 0.5 m., przyczem należy stosować

urządzenia chroniące drzewo od pożaru. Urządzenia takie są zbędne, jeżeli dolna krawędź mostu znajduje się 2,00 m. nad skrajnią.

c. Jeżeli most przekracza drogę kołową, ma dolna krawędź konstrukcji wznosić się najmniej 2,5 m. nad chodnikami, a 4,5 m. nad jezdnią, o ile środki komunikacyjne nie wymagają większej wysokości. Na drogach podrzędnych można tę wysokość zmniejszyć, jednak nie mniej niż do 3,2 m. O możliwości tego zmniejszenia decyduje M. R. P. względnie Okręgowa Dyrekcja Robót Publicznych.

### § 10 Poręcze.

1. O ile dźwigary główne, wystające nad jezdnią lub chodnikami nie wystarczają do ochrony bocznej wozów i pieszych, należy ustawić poręcze o wysokości najmniej 1,10 m. przechodzące przez całą długość mostu, a przy skrzydłach równoległych także i przez długość skrzydeł.

2. Przy mostach o małej rozpiętości znajdujących się w otwartym polu, gdy wysokość drogi nad dnem przesyłki nie przekracza 2 m. można poręcze zastąpić obwojnami, przynajmniej 40 cm. wysokości.

3. Poręcze należy obliczyć na siłę poziomą co najmniej 80 kg. na metr bierzący pochwyty.

## Rozdział II.

### Obciążenia i siły zewnętrzne.

§ 13. Przy obliczaniu statycznym mostów drogowych uwzględnić należy następujące obciążenia.

a — ciężar własny mostu i urządzeń stale na nim umieszczonych (ciężar stały).

b — ciężar zmienny (ruchomy) wywołany przejściem szeregu pojazdów i pieszych.

c — parcie wiatru.

d — dla przyczółków i filarów wpływ parcia ziemi i parcia wody (ewentualnie wyporu wody), nadto uwzględnić należy

e — wpływ zmian ciepłoty

f — wpływ skurczu materiałów.

### § 14. Ciężar stały.

Do obliczenia ciężaru stałego należy przyjąć dla materiałów budowlanych następujące ciężary jednostkowe (o ile nie stwierdzi się innego rzeczywistego ciężaru):

|                                                                                           |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1 m. <sup>3</sup> żelaza spawanego . . . . .                                              | 7800 kg./m. <sup>3</sup> |
| „ „ zlewnego . . . . .                                                                    | 7850 kg./m. <sup>3</sup> |
| „ „ lanego (żeliwa) . . . . .                                                             | 7300 kg./m. <sup>3</sup> |
| drzewa miękkiego mokrego (odkrytego)                                                      | 900 kg./m. <sup>3</sup>  |
| „ „ suchego (zakrytego)                                                                   | 800 kg./m. <sup>3</sup>  |
| „ twardego mokrego (odkrytego)                                                            | 1000 kg./m. <sup>3</sup> |
| „ „ suchego (zakrytego)                                                                   | 900 kg./m. <sup>3</sup>  |
| bruku drewnianego . . . . .                                                               | 1100 kg./m. <sup>3</sup> |
| piasku . . . . .                                                                          | 1600 kg./m. <sup>3</sup> |
| żwiru lub tłucznia na jezdni most. . .                                                    | 1900 kg./m. <sup>3</sup> |
| ziemi, gliny . . . . .                                                                    | 1800 kg./m. <sup>3</sup> |
| bruku kamiennego . . . od 2400 do                                                         | 2800 kg./m. <sup>3</sup> |
| asfaltu lanego . . . . .                                                                  | 1200 kg./m. <sup>3</sup> |
| muru ciosowego . . . . od 2400 do                                                         | 2600 kg./m. <sup>3</sup> |
| mur z kamienia łamanego (wapień) .                                                        | 2400 kg./m. <sup>3</sup> |
| „ „ „ (piaskow.) .                                                                        | 2200 kg./m. <sup>3</sup> |
| mur z cegieł zwykłych na zaprawie<br>wapiennej. . . . .                                   | 1600 kg./m. <sup>3</sup> |
| mur z cegieł zwykłych na zaprawie<br>cementowej. . . . .                                  | 1700 kg./m. <sup>3</sup> |
| mur z klinkierów . . . . .                                                                | 1900 kg./m. <sup>3</sup> |
| betonu mokrego, będącego jeszcze<br>w deskowaniu . . . . .                                | 2400 kg./m. <sup>3</sup> |
| betonu z twardniałego z tłucznią lub<br>żwiru . . . . .                                   | 2200 kg./m. <sup>3</sup> |
| betonu wzmocnionego żelazem, ale<br>mokrego, będącego jeszcze w desko-<br>waniu . . . . . | 2600 kg./m. <sup>3</sup> |

W razie użycia materiałów powyżej nie wymienionych, należy ciężar jednostkowy przyjąć wedle norm ogólnieprzyjętych, ewentualnie oznaczyć próbami.

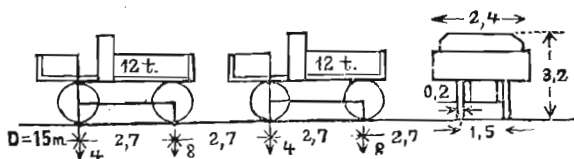
### § 15. Ciężar ruchomy.

Ciężar ruchomy należy w obliczeniach statycznych przyjmować według zestawienia podanego poniżej, wybierając takie ustawienie ciężarów, które może wywołać największe siły wewnętrzne.

#### Obciążenie mostów I klasy.

Typy pojazdów i sposób ustawienia.

№ 1 — (rys. 216). Szeregi wozów typu 1 obok siebie grupami po 3 wozy w odstępach  $D = 15$  m. i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.



Rys. 216.

kach. O ile niekorzystniejszy wpływ wywierają grupy wozów w odstępach większych niż 15 m. należy  $D$  odpowiednio zwiększyć.

№ 2 — rys. 217. Jeden wóz motorowy z doczepionym wozem ciężarowym według typu № 2 ustawiony najniekorzystniej w kierunku jazdy. Obok jeden szereg wozów typu 1 i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.

№ 3. — rys. 218. Jeden wałek drogowy według typu № 3 najniekorzystniej w kierunku jazdy ustawiony. Obok jeden szereg wozów typu № 1 i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.

№ 4 — rys. 219. Pociąg kolejki wąskotorowej według typu № 4, złożonej z lokomotywy i 45 wozów doczepionych. Obok jeden szereg wozów typu № 1 i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.



№ 5. Tłum ludzi na całej szerokości jezdni i na chodnikach.

Dla rozpiętości do  $l = 50$  m., tłum ludzi —  $500 \text{ kg./m.}^2$

Dla rozpiętości do  $l = 100$  m, tłum ludzi —  $400 \text{ kg./m.}^2$

Dla pośrednich rozpiętości należy interpelować.

**Ogólna uwaga.** Przy obliczaniu mostów betonowych, żelbetowych i kamiennych należy obciążenia typu 1 i 3 powiększyć o 40 %.

### Obciążenie ruchome mostów II klasy.

№ 6 — rys. 220. Szeregi wozów typu № 6 obok siebie grupami po 3 wozy w odstępach  $D = 17$  m. i tłum ludzi na częściach jezdni nie zajętych wozami i na chodnikach. O ile grupy wozów w odstępach większych niż 17 m. wywierają wpływ niekorzystniejszy, należy  $D$  odpowiednio zwiększyć.

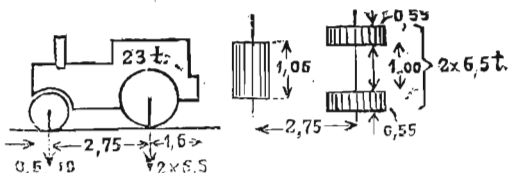
№ 7 — rys. 221. Jeden wałek drogowy według typu № 7 najniekorzystniej w kierunku jazdy ustawiony.

Obok jeden szereg wozów typu № 6 i tłum ludzi na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.

№ 9. Tłum ludzi na całej szerokości jezdni i na chodnikach.

Dla rozpiętości do  $l = 50$  m., tłum ludzi . . . . .  $450 \text{ kg./m.}^2$

Dla rozpiętości do  $l = 100$  m., tłum ludzi . . . . .  $350 \text{ kg./m.}^2$



Rys. 218

Rys. 217.

Dla pośrednich rozpiętości należy interpelować:

**Uwaga ogólna.** Przy obliczaniu mostów betonowych, żelbetowych i kamiennych należy obciążenia typu 6 i 7 powiększyć o 40 %.

### Obciążenie ruchome mostów III klasy.

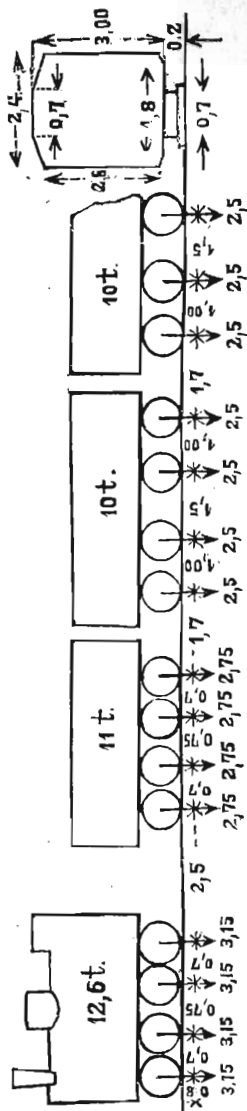
№ 10 — rys. 222. Jeden wóz motorowy z jednym wozem doczepionym według typu № 10. Obok jeden szereg wozów z zaprzęgiem typu № 11 i tłum ludzi 350 kg./m.<sup>2</sup> w częściach jezdni niezajętych wozami.

№ 11 — rys. 223. Szeregi wozów z zaprzęgiem typu № 11 obok siebie i tłum ludzi 350 kg./m.<sup>2</sup> na częściach jezdni niezajętych wozami.

№ 12. Tłum ludzi na całej szerokości jezdni; tłum ludzi 350 kg./m.<sup>2</sup>

**Uwaga ogólna.** Przy obliczaniu mostów betonowych, żelbetowych i kamiennych należy obciążenia typu № 10 i № 11 powiększyć o 40 %. Przy obliczaniu części ustrojowych chodników mostów dla ruchu kołowego, należy przyjmować obciążenie tłumem ludzi 600 kg./m.<sup>2</sup>

Przy obliczaniu kładek, przyjmuje się tłum ludzi o wielkości co najmniej 500 kg./m.<sup>2</sup>.



Rys. 219.

## § 16. Wpływ parcia wiatru.

Wpływ wiatru przyjąć należy jako siłę poziomą jednostajnie rozłożoną o natężeniu  $250 \text{ kg./m.}^2$  powierzchni bocznej mostu nieobciążonego, względnie  $100 \text{ kg./m.}^2$  mostu obciążonego ciężarem ruchomym, uwzględniając w zestawieniu największych sił wewnętrznych i przy badaniu stałości mostu niekorzystniejszy z obu wpływów.

Jako powierzchnię boczną dla wpływu wiatru przyjąć należy:

a. Przy moście nieobciążonym o dźwigarach pełnościennych, rzeczywistą powierzchnię boczną dźwigarów głównych i pomostu. Przy dźwigarach kratowych zaś, prócz tej powierzchni pierwszej kraty, leżącej od strony wiatru także i część powierzchni drugiej kraty, odpowiadającą stosunkowi niewypełnionej powierzchni pierwszego dźwigara do całkowitej powierzchni tegoż.

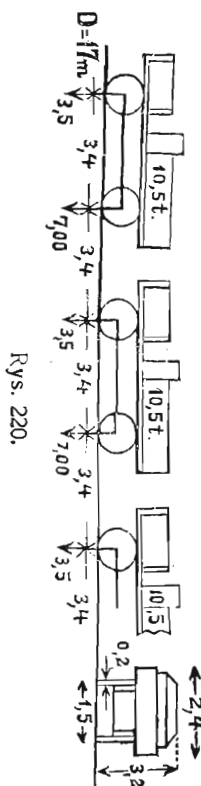
Jeżeli zatem stosunek powierzchni dźwigara pierwszego narażonej na działanie wiatru, do całkowitej powierzchni wynosi  $a$ , to z dźwigara drugiego przyjąć należy część powierzchni w stosunku  $a(1-a)$

b. Przy moście obciążonym, przyjmuje się jako powierzchnię boczną ciężarów ruchomych (wozów i pieszych) pełny postępujący prostokąt na całej długości mostu o wysokości  $2 \text{ m.}$

wzniesiony  $50 \text{ cm.}$  ponad jezdnią.

Wpływ kraty pierwszej i drugiej uwzględnia się tylko w częściach, poza ten prostokąt sięgających.

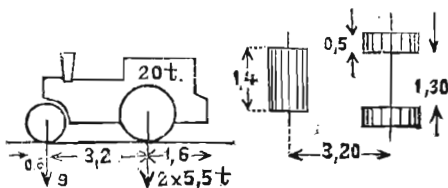
Dla mostów o jezdni górą należy zbadać stałość mostu przeciw wywróceniu pod naciskiem wiatru, a to zarówno dla mostu obciążonego ciężarem jednostajnie rozłożonym  $300 \text{ kg./m.}^2$ , jako też nieobciążonego.



W obu wypadkach powinna być pewność przeciw wywróceniu najmniej  $1\frac{1}{2}$  krotna.

### § 17. Wpływ zmiany ciepłoty.

Zmiany ciepłoty należy uwzględnić w obliczeniach statycznych i w wykonaniu według postanowień objętych następnymi rozdziałami.



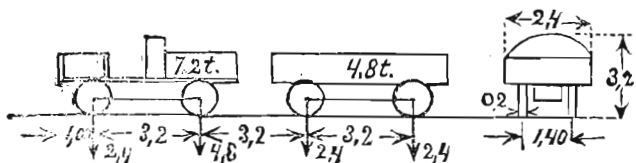
Rys. 221.

## Rozdział III.

### Mosty drewniane, oraz drewniane przyczółki, jarzma i izbice.

- § 18. Projekt szczegółowy
- § 19. Odpowiedzialność za projekt
- § 20. Zatwierdzenie projektu
- § 21. Nadzór w czasie budowy
- § 22. Dziennik budowy
- § 23. Znak wysokości.

patrz oryginalne  
przepisy



Rys. 222.

### § 24. Drzewo budulcowe.

Do budowy mostów należy używać:

1. Drzewa miękkiego (jodłowego, świerkowego, sos-

rowego lub modrzewiowego) ewentualnie olchowego (tylko na pale):

a) na części zginane, jak na dźwigary główne, na podłużnice, na poprzecznice, na dylinę dolną (przy dylinie podwójnej lub pomocy żwirowym) i na deski jarzm, przyczółków i izbic, o ile na ten cel nie można dostać dyli dębowych;

b) na pale przyczółków i jarzm mostów tymczasowych, budowanych na czas dłuższy niż trzy lata.

2. Drzewa twardego (dębowego) na pale (ewentualne i na deski jarzm, przyczółków i izbic, a o ile to jest możliwe i na górną dylinę pomostu, na którą wprost działają koła wozów. Na dylinę górną można również używać drzewa bukowego.

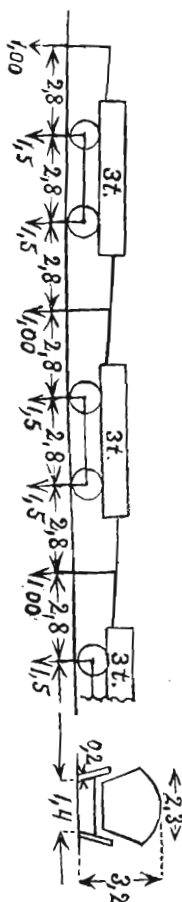
Pale mają mieć grubość w cieńszym końcu przy drzewie dębowym 20 cm., przy drzewie miękkim 24 cm., przyrost zaś grubości na 1 m. dla drzewa miękkiego 2 cm., dla dębiny 1 cm.

## § 25. Jakość drzewa.

1. Drzewo budulcowe ma być zupełnie zdrowe, proste i bez błędów, a przy uderzeniu młotem ma wydawać czysty, pełny odgłos.

2. Drzewo przeznaczone na dźwigary zginane, powinno mieć pień prosty, bez miejsc zbolących.

3. Czas ścinania drzewa nie wpływa na jakość budulca, jest jednak rzeczą wskazaną dla przyspieszenia wyschnięcia, ścinać w czasie zimowym. W wyjątkowych wypadkach można użyć do budowy drzewa ściętego w innej porze roku.



Rys. 223.

4. Pień drzewa ściętego w porze krążenia soków, należy po odpływie pierwszych soków roślinnych odrzeć z kory, pozostawić w miejscu przewiewnym, a chronionym przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

5. Do budowy mostu można używać tylko drzewa suchego.

## § 26. Zabezpieczenie drzewa przed grzybem i gniciem.

1. Dla zabezpieczenia drzewa przed grzybem i gniciem należy chronić je przed wilgocią przy pomocy odpowiednich materiałów izolacyjnych, jak blachy żelaznej cynkowanej, papy asfaltowej lub przez powlekanie powierzchni, narażonej na bezpośrednie działanie wilgoci, materiałami smołowymi, albo przez zwęglenie powierzchni drzewa, albo wreszcie przez nasycanie drzewna środkami dezynfekcyjnymi.

2. Obok zabezpieczenia drzewna przed szkodliwym działaniem wilgoci, należy stosować odpowiednie środki konstrukcyjne, ułatwiające dostęp powietrza do każdej części zespołu drewnianego.

3. Części dźwigarów, bezpośrednio narażone na zmienne działanie słońca i deszczu, winny być, o ile możliwości odpowiednio zasłonięte.

**§ 27. Żelazo.** — Żelazo, użyte w mostach drewnianych ma odpowiadać „Przepisom, dotyczącym żelaza budowlanego“.

## § 28. Wykonanie budowy.

1. Most należy tak projektować i zbudować, ażeby następnie przy naprawie mostu lub wymianie uszkodzonych części można było ruch kołowy utrzymać przynajmniej na jednej połowie mostu.

2. Jarzma i przyczółki należy zabezpieczyć przed szkodliwym działaniem przedmiotów przesuwających się pod mostem.

Wysokość zabezpieczenia ma się stosować do wysokości przesuwających się przedmiotów. Na wodach płynących zabezpieczenie powinno sięgać 50 cm. ponad znany stan wody.

3. Jarzma mostów na wodach płynących, należy z reguły zabezpieczyć izbicami, dostatecznie silnemi.

4. Szerokość izbic, mierzona w kierunku równoległym do osi mostu nie powinna przekraczać szerokości jarzm.

5. Łączenie izbic z jarzmami jest niedopuszczalne.

6. Pomost powinno się zbudować tak, aby umożliwić jaknajrychlejszy odpływ wody opadowej, przyczem należy dźwigary zabezpieczyć przed zamakaniem.

### § 29. Szczegóły konstrukcyjne.

1. Drzewo okrągłe (krągłaki) należy ociosywać do prostokąta, tylko w tych wypadkach, w których tego wymaga ustrój zespołu.

2. Drzewo okrągłe powinno być spłaszczone tylko w miejscach ułożenia na łożyskach i na powierzchniach, które służą jako podstawa dla innego drzewa.

3. Dylinę górną, narażoną wprost na działanie kół wozów, należy układać prostopadłe lub ukośnie do kierunku jazdy i stroną jędrną do góry.

4. Przy obliczaniu i konstrukcji jarzm należy brać pod uwagę nie tylko siły przenoszące się przez pomost, ale również siły przypadkowe, jak uderzenie przejeżdżających wozów, maszyn, parcie lodów na rzekach i uderzenia spławianego drzewa.

5. Dla łatwiejszego utrzymania mostu w dobrym stanie i łatwiejszej wymiany zepsutych części mostu, należy do połączeń używać śrub żelaznych, a tylko w podrzędnych wypadkach — gwoździ lub kołków z drzewa twardego.

### § 30. Obliczenie statystyczne.

1. Wszystkie części konstrukcyjne powinno się obliczać przyjmując najniekorzystniejsze działania sił zewnętrznych.

2. Przy obliczeniu przyjąć należy, że ciężary skupione rozkładają się przez żwirówkę na powierzchnie równą powierzchni na którą ciężar wprost działa, zwiększoną w poprzecznym i podłużnym kierunku o podwójną grubość żwirówki i pojedynczą grubość dyliny.

3. Statycznie obliczone natężenia nie mogą przekraczać następujących granic:

| Natężenie<br>drzewa na:                     | Natężenie do-<br>puszczalne<br>kg./cm. <sup>2</sup><br>dla drzewa |               | Natężenie<br>drzewa na               | Natężenie do-<br>puszczalne<br>dla drzewa<br>kg./cm. <sup>2</sup> |               |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
|                                             | mię-<br>kiego                                                     | twar-<br>dego |                                      | mię-<br>kiego                                                     | twar-<br>dego |
| Ciągnienie . .                              | 110                                                               | 120           | Ciśnieni <u>I</u> do<br>włókien . .  | 12                                                                | 24            |
| Zginanie . .                                | 100                                                               | 110           | Ścinanie <u>II</u> do<br>włókien . . | 12                                                                | 20            |
| Ciśnienie rów-<br>noległe do<br>włókien . . | 60                                                                | 70            | Ścinanie <u>I</u> do<br>włókien . .  | 30                                                                | 40            |

Przy obciążeniach wyjątkowych można dopuścić natężenia większe o 40 %, zaś przy obciążeniu automobilami większe o 20 % od podanych w powyższej tablicy.

Przy obliczaniu mostów tymczasowych, budowanych na najwyżej dwuletni okres trwania, można dopuścić natężenie o 20 % wyżej od podanych w tablicy i nie uwzględniać obciążeń wyjątkowych.

4. Przy obliczaniu dźwigarów złożonych (zazębionych i t. d.) należy uwzględnić nieściśłość działania i obliczenia tych belek w ten sposób, że w miejsce momentu

wytrzymałość  $W = \frac{J}{e}$  całkowitego przekroju

dźwigarów, przyjmuje się tylko część tegoż, wyrażoną w %% według następującej tablicy, pozostawiając za to powyżej przepisane natężenia dopuszczalne:

| Ilość belek | Dźwigar<br>zazębiony | Dźwigar<br>klinowany | Dźwigar<br>klockowy |
|-------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| 2           | 64 %                 | 80 %                 | 70 %                |
| 3           | 51 %                 | 73 %                 | 60 %                |



5. Przy obliczeniu statycznym części narażonych na ciśnienie należy uwzględnić możliwość wyboczenia.

- |                                              |                                 |
|----------------------------------------------|---------------------------------|
| § 31. — Oddanie mostu do użytku publicznego. | } Patrz<br>orygin.<br>przepisy. |
| § 32. — Utrzymanie mostów.                   |                                 |

## Rozdział IV.

### Mosty i filary żelazne.

- |                                                |                                 |
|------------------------------------------------|---------------------------------|
| § 33. Projekt szczegółowy.                     | } Patrz przepisy<br>oryginalne. |
| § 34. Odpowiedzialność za przedłożony projekt. |                                 |
| § 35. Zatwierdzenie projektu.                  |                                 |
| § 36. Nadzór w czasie roboty.                  |                                 |
| § 37. Dziennik budowy.                         |                                 |

### § 38. Żelazo.

1. Na konstrukcję mostową należy z reguły używać żelaza zlewego. Żelazo powinno jakością odpowiadać „Przepisom dotyczącym żelaza budowlanego”.

2. W konstrukcji tego samego mostu należy używać żelaza tylko jednego rodzaju.

3. Na łożyska i przeguby należy używać stali, albo żelaza zlewego, albo też żelaza lanego (żeliwa).

4. Stal na łożyska powinna mieć wytrzymałość na ciągnięcie najmniej 6000 kg./cm.<sup>2</sup> przy wydłużeniu jednostkowym najmniej 10%, stal walcowana 12%, żelazo lane najmniej 1200 kg./cm.<sup>2</sup> na ciągnięcie, a 5000 kg./cm.<sup>2</sup> na ciśnienie.

### § 39. Materiały budowlane pomocnicze.

1. Materiały pomocnicze, używane na pomost, do osadzenia łożysk, farby olejne i t. p. powinny być najlepszej jakości.

2. Drzewo powinno odpowiadać postanowieniom, dotyczącym mostów drewnianych.

- |                                           |                                        |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| § 40. Obróbka żelaza                      | } Patrz prze-<br>pisy orygi-<br>nalne. |
| § 41. Otwory na nity i śruby              |                                        |
| § 42. Nity i śruby                        |                                        |
| § 43. Oczyszczenie żelaza przed złożeniem |                                        |

- § 44. Składanie zespołu w wytwórniach konstrukcyjnych
- § 45. Wykonanie łożysk i przegubów
- § 46. Przewóz zespołów żelaznych z wytwórni na miejsce budowy
- § 47. Składanie zespołu na miejscu budowy
- § 48. Malowanie mostu
- § 49. Pomost
- § 50. Rusztowanie.

Patrz przepisy oryginalne

### § 51. Obliczenie statystyczne mostów żelaznych.

1. Wszystkie części konstrukcji mostowej należy obliczać przyjmując najniekorzystniejsze działanie sił zewnętrznych. Przy obciążeniu wyjątkowym można natężenie zwiększyć o 20 %.

2. Ciężary skupione rozkładają się przez żwirówkę na powierzchnię równą powierzchni, na którą ciężar wprost działa zwiększoną tak poprzecznie, jak i podłużnym kierunku o podwójną grubość żwirówki.

Jeżeli podkład pod żwirówkę tworzą zoresówki lub blachy (wkłęsłe, wypukłe i t. p.) albo też płyta betonowa, można do grubości żwirówki doliczyć połowę wysokości pokładu.

3. Natężenia (naprężenia) w żelazie zlewnem obliczone bez uwzględnienia parcia wiatru nie powinny przekraczać granic, zakreślonych następującym zestawieniem.

| Rodzaj natężenia                                                  | Natężenie dopuszczalne<br>kg./cm. <sup>2</sup> przekroju użytkowego t. j. po odciążeniu dziur na nity |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ciśnienie lub ciągnienie dla pokładu, podłużnie i poprzecznie . . | 800                                                                                                   |
| Ciśnienie lub ciągnienie dla dźwigarów głównych . . . . .         | 870 + 3L (najwyżej 1150)                                                                              |

| Rodzaj natężenia                                                                                                                                                                                   | Natężenie dopuszczalne<br>kg./cm. <sup>2</sup> przekroju uży-<br>tecznego t. j. po odcią-<br>gnięciu dziur na nity |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Za „L“ należy przyjąć dla dźwi-<br>garów wolnopodpartych i środko-<br>wych przęseł dźwigarów wspólni-<br>kowych rozpiętość przęseł w me-<br>trach, a dla wsporników podwójną<br>długość wspornika. |                                                                                                                    |
| Ścinanie blach i prętów . . .                                                                                                                                                                      | 700                                                                                                                |
| Ścinanie nitów i sworzni śrub<br>w jednym kierunku . . . . .                                                                                                                                       | 800                                                                                                                |
| Ścinanie nitów i sworzni śrub<br>w różnych kierunkach . . . . .                                                                                                                                    | 700                                                                                                                |
| Ciśnienie na ściankę dziury . .                                                                                                                                                                    | 1600                                                                                                               |

Przy dokładnem uwzględnieniu wszystkich sił prze-  
pisanych w § 13 można podnieść powyższe cyfry o 200  
kg./cm.<sup>2</sup>.

4. Żelazo spawane, jakiego wolno używać tylko wy-  
jątkowo, otrzymać może natężenie o 10% niższe od do-  
puszczalnych dla żelaza zlewego.

5. Odlewy z żelaza lanego (żeliwa) w częściach pod-  
rzędnych konstrukcji:

    na ciśnienie . . . . . 700 kg./cm.<sup>2</sup>

    na ciągnięcie . . . . . 200 kg./cm.<sup>2</sup>

    ciągnięcie przy zginaniu 300 kg./cm.<sup>2</sup>

6. Stal zlewna w łożyskach, czopach, klinach na  
zginanie, ciągnięcie lub ciśnienie 1200 kg./cm.<sup>2</sup>

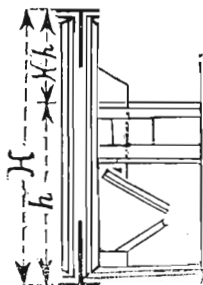
7. Dla stali wyborowej Ministerstwo określi każdo-  
razowo natężenie dopuszczalne.

8. Części kraty dźwigarów, pracujące na ciśnienie  
należy obliczać na wyboczenie wzorami Tetmayer'a i Ja-  
sińskiego przy pomocy tablic, podających współczynnik wy-

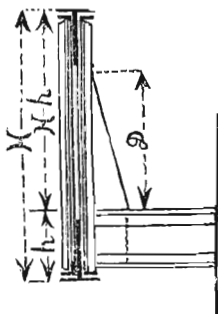
boczenia dla różnych wartości  $\frac{l}{i}$  przyjmując długość

wolną  $l$  wedle następującej tablicy:

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Pręty nitowane do blach węzłowych . .                                                                                                  | 0,9 L — L |
| Pręty skrzyżowane w połowie długości,<br>prostopadle do płaszczyzny kraty                                                              | 0,67 L    |
| Pręty skrzyżowane w połowie długości<br>w płaszczyźnie kraty . . . . .                                                                 | 0,5 L     |
| Pręty skrzyżowane w połowie długości,<br>prostopadle do płaszczyzny gdy pręt<br>sztywny krzyżuje się z gibkim . .                      | 0,75 L    |
| Części pasów w płaszczyźnie kraty . .                                                                                                  | L         |
| Części pasów w płaszczyźnie prostopadłej<br>do kraty dla pasów stężonych . .                                                           | L         |
| Części pasów w płaszczyźnie prostopadłej<br>do kraty dla pasów niestężonych<br>wedle poniższego zestawienia i ry-<br>sunków 224 i 225. |           |



Rys. 224.



Rys. 225.

| D                                       | $\frac{H-h}{h} < 2$ | 2,5           | 5            | 10          |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------|--------------|-------------|
| $\geq \frac{H-h}{2}$                    | $l = L$             | $l = L$       | $l = L$      | $l = 2 L$   |
| $\frac{H-h}{2} > D > \frac{1}{5} (H-h)$ | $l = L$             | $l = L$       | $l = 1,5 L$  | $l = 2,5 L$ |
| $\leq \frac{1}{5} (H-h)$                | $l = L$             | $l = 1,125 L$ | $l = 1,75 L$ | $l = 3 L$   |

Dla wartości pośrednich należy interpelować wedle linii prostej.

Wolno stojące słupy o wszechstronnym utwierdzeniu 0,8 L. We wzorach powyższych L jest długością teoretyczną pręta. Pręta ciśnione o przekroju złożonym z kilku części mają być w ciągu swej długości spojane łącznikami w ten sposób, aby pewność przeciw wyboczenia każdej części z osobna między łącznikami była co najmniej dwukrotnie większa od pewności na wyboczenie całego słupa na całkowitej długości.

9. Mosty żelazne, służące równocześnie dla ruchu kołowego i kolejowego, podlegają co do natężeń dopuszczalnych przepisom Ministerstwa Kolei dla mostów kolejowych. Mosty żelazne, przez które przechodzą tory miejskiej kolei elektrycznej (tramwaje), otrzymują natężenia dopuszczalne jak dla mostów drogowych.

10. Natężeń dodatkowych, jakie powstają wskutek sztywnych połączeń w węzłach dźwigarów kratowych i w przytwierdzeniu poprzecznic do dźwigarów głównych, oraz wskutek tarcia w przegubach i łożyskach, można z reguły nie uwzględniać.

11. W razie szczegółowego obliczenia natężeń dodatkowych i odpowiedniego uzasadnienia może zwierzchnia władza budowlana zezwolić na zwiększenie natężeń dopuszczalnych.

12. Zmiany temperatury należy w obliczeniach statycznych przyjmować w stosunku do średniej temperatury zestawienia w granicach od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+45^{\circ}\text{C}$ , na współczynnik rozszerzalności równy 0,000012 na  $1^{\circ}\text{C}$ .

13. Współczynnik sprężystości dla żelaza zlewneego można we wszystkich obliczeniach statycznych przyjmować  $= 2100000 \text{ kg./cm}^2$ .

§ 52. Kontrola wykonania i obciążenie próbne.

§ 53. Oddanie mostu do użytku publicznego.

§ 54. Utrzymanie mostów żelaznych.

§ 55. Perjodyczne rewizje.

§ 56. Sposób przeprowadzenia rewizji szczegółowej.

§ 57. Dodatkowe próbne obciążenie mostu.

§ 58. Mosty dawniejsze.

Patrz przepisy oryginalne.

## Rozdział V.

### Mosty, przyczółki i filary betonowe i żelbetowe.

- § 59. Projekt szczegółowy.
- § 60. Odpowiedzialność za przedł. projekt.
- § 61. Zatwierdzenie projektu.
- § 62. Nadzór w czasie budowy.
- § 63. Dziennik budowy.

Patrz przepisy  
oryginalne

### Materiały składowe betonu.

#### § 64. Kruszywo (kamień).

1. Nazwą kruszywa oznacza się kamień tłuczony lub żwir o różnych wielkościach ziarn łącznie z dodatkiem piasku i to w takiej ilości, ażeby piasek wypełniał o ile możliwości wszystkie próżnie, zawarte między grubszymi ziarnami kamienia. Stosunek ilości piasku do grubszego materiału kamiennego należy ustalić próbami tak, aby mieszanina była jaknajgęstsza (praktyka z danymi materiałami nie ustaliła jeszcze korzystnych proporcji).

2. Kamień (kruszywo) musi być wolny od domieszek, które wpływają szkodliwie na wytrzymałość betonu, oraz wytrzymały na mróz. Za szkodliwe należy uważać także bardzo drobne ziarna piasku w zbyt wielkiej ilości i pył kamienny. W wypadkach spornych rozstrzyga wynik prób wykonanych według „Przepisów dotyczących prób wytrzymałości betonu“.

3. Największy wymiar ziarn kamienia powinien odpowiadać rodzajowi zespołu. Dla zespołów nie wzmocnionych żelazem ziarna kamienia mogą być tak wielkie, ażeby mieszanie maszyną mogło się jeszcze odbywać. Na dodanie wielkich brył do betonu niewzmocnionego musi zwierzchnia władza budowlana zezwolić dodatkowo przy dokładem oznaczeniu ilości, wielkości brył kamienia, sposobu i miejsca ułożenia kamienia w zespole, przyczem nie wolno używać kamieni większych niż 30 cm., w ilości przekraczającą 25 % użytego kamienia. Dla zespołów wzmocnionych żelazem ziarna kamienia powinny przechodzić przez sito o otworach  $3 \times 3$  cm.

4. Wytrzymałość kamienia powinna wynosić naj-

mniej 300 kg./cm.<sup>2</sup>, zaś wielkość wsiąkania najwyżej 10 % objętości.

### § 65. Cement.

1. Do betonu ubijanego (nieuzbrojonego) należy używać wyłącznie cementu portlandzkiego, powoli wiążącego.

Skład chemiczny i jakość cementu winny odpowiadać, „Przepisom dotyczącym cementów i dodatków hydraulicznych, używanych w budownictwie betonowym”.

Do betonu przeznaczonego dla konstrukcji żelazno-betonowych, należy używać cementu o wytrzymałości na ciągnięcie równej conajmniej wytrzymałości podanej w przepisach (§ 14 przepisów dotyczących cementów).

2. Cement ma być dostawiony na miejsce budowy w oryginalnem, fabrycznem opakowaniu.

§ 66. Woda. Woda nie może zawierać domieszek źle wpływających na wytrzymałość betonu. W wypadkach spornych co do tego, czy dana woda jest dla betonu szkodliwa, rozstrzyga wynik prób wytrzymałości betonu zarobionego wodą będącą przedmiotem sporu.

§ 67. Żelazo. 1. Żelazo ma odpowiadać „Przepisom dotyczącym żelaza budowlanego”.

2. Należy używać żelaza zlewnego lub miękkiej stali zlewnej. Na użycie innej stali potrzeba osobnego zezwolenia zwierzchniej władzy budowlanej.

3. Przy małych mostach można za zezwoleniem zwierzchniej władzy budowlanej używać żelaza o niesprawdzonej wytrzymałości, a wówczas należy w obliczeniach statycznych przyjmować wytrzymałość żelaza równą 3600 kg./cm.<sup>2</sup>.

4. Największy wymiar przekroju poprzecznego pojedynczej wkładki w jakimkolwiek miejscu nie powinien być większy niż 50 mm.

Na użycie wkładek o większym przekroju potrzeba osobnego zezwolenia zwierzchniej władzy budowlanej.

### § 68. Skład betonu.

1. Skład betonu należy oznaczać podając ilość cementu w kg. na 1 m.<sup>3</sup> kamienia (kruszywa).

2. Ilość cementu w stosunku do kamienia należy

tak dobrać ażeby wytrzymałość kostek 28 dniowych odpowiadała wytrzymałości przyjętej w obliczeniach statycznych.

3. Ilość cementu nie może być jednak z żadnym wypadku mniejsza:

- a. dla betonu niezwmocnionego żelazem niż 100 kg. na 1 m.<sup>3</sup> kamienia.
- b. dla betonu wzmacnionego żelazem niż 300 kg. na 1 m.<sup>3</sup> kamienia.

4. Dla dźwigarów narażonych na zginanie największa ilość cementu nie może przekraczać 500 kg. na 1 m.<sup>3</sup> kamienia.

5. Wrazie jeżeli cement będzie na budowie odmierzany miarą, objętością, to należy dla tej miary wyznaczyć wagę 1 litra cementu lekko nabranego według średniej z 4-ch prób.

6. Jeżeli z jakiegokolwiek powodu wagi cementu lekko nabranego nie oznaczono próbami przed zaczęciem mieszania, to należy przyjąć że 1 litr cementu lekko nabranego waży 1,2 kg.

7. Ilość wody musi być taka, ażeby wymieszany beton dawał się do form wlewać lub też o ile ma być ubijany, ażeby w rękach dawał się ugniatać w kule. Suchego betonu niewolno używać.

8. Dla ułatwienia nadzoru należy w miejscu, gdzie się miesza beton, uwidocznąć w cyfrach stosunek w jakim materiały są mieszane.

### § 69. Próby wytrzymałości betonu.

1. Przed rozpoczęciem budowy mają być zrobione próby wytrzymałości według „Przepisów dotyczących wytrzymałości betonu“.

2. Przy małych mostach do 4 m. można za zezwoleniem zwierzchniej władzy budowlanej prób nie wykonywać i przyjmować wytrzymałość betonu na ciśnienie, proporcjonalnie do ilości cementu na 1 m.<sup>3</sup> kamienia, a mianowicie:

|                                                    |                            |
|----------------------------------------------------|----------------------------|
| przy 500 kg. cementu na 1 m. <sup>3</sup> kamienia | — 160 kg./cm. <sup>2</sup> |
| „ 300 kg. „ „ „ „                                  | — 120 kg./cm. <sup>2</sup> |
| „ 100 kg. „ „ „ „                                  | — 60 kg./cm. <sup>2</sup>  |

Pośrednie wartości należy interpelować według linii prostej.



3. Do oceny wytrzymałości betonu, t. j. dla wyznaczenia naprężeń miarodajnymi są wyniki prób na kostkach 28 dniowych.

4. W wypadkach wyjątkowych, zwłaszcza przed zaczęciem budowy, dla przybliżonej oceny czy wytrzymałość betonu odpowiada wytrzymałości przyjętej w obliczeniach statycznych, można próby wytrzymałości przeprowadzać po 8 dniach.

5. Wytrzymałość po 8 dniach do wytrzymałości po 28 dniach należy według „Przepisów dotyczących prób betonu” przyjmować w stosunku 2 do 3.

6. Oprócz przeprowadzenia prób na kostkach 8 dniowych należy po zaczęciu robót betonowych przeprowadzić próby na kostkach 28 dn.

7. Celem sprawdzenia czy jakość materiałów i mieszaniny nie ulega zmianie, zwierzchnia władza budowlana powinna żądać wykonania prób kontrolnych w czasie budowy, przeprowadzanych na kostkach próbnych, wykonanych z pierwszego zamisu (pierwszej partji mieszaniny) nie przekraczającego 200 m.<sup>3</sup> i z każdych następnych 200 m.<sup>3</sup>.

W celu utrzymania jednostajnej jakości betonu zaleca się przeprowadzać w czasie budowy zespołów wzmocnionych żelazem próby wytrzymałości betonu na kostkach lub belkach próbnych według „Przepisów dotyczących prób wytrzymałości betonu”.

## **Wykonanie robót betonowych.**

### **§ 70. Mieszanie betonu.**

1. Mieszanie betonu należy wykonywać maszynami. Tylko przy drobnych robotach można beton mieszać ręcznie, przyczem zams (partja mieszaniny) nie powinien być większy od 1 m.<sup>3</sup>.

2. Wszystkie narzędzia do mieszania betonu należy po każdej przerwie w mieszaniu dokładnie oczyścić, ażeby do świeżego betonu nie mieszać resztek betonu stężalego.

### **§ 71. Nanoszenie betonu.**

1. Beton ma być zaraz po wymieszaniu наносzony do form.

2. Jeżeli beton jest sypki, nie płynny: to należy go nanosić warstwami nie grubszymi niż 15 cm. i silnie ubijać

3. Beton wymieszany, a w przeciągu najwyżej 1 godziny nie użyty, należy jako nieużyteczny usunąć.

4. Takiego betonu, w czas nie użytego, lub już stężałego nie można używać jako domieszki do betonu zamiast kamienia.

5. Beton należy wlewać, względnie sypać, z możliwie małej wysokości, ażeby cięższe części nie oddzialały się i tem samem nie psuły wymieszania. Największa wysokość spadu nie powinna przekraczać trzech metrów.

6. Części zespołu przyjęte w obliczeniach statycznych jako całość, należy zabetonowywać bez przerw. W razie koniecznej przerwy, należy roboty doprowadzić przynajmniej do przekrojów najmniej natężonych i zakończyć je w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku największych natężeń.

7. W razie przerwy w betonowaniu należy starać się o należyte związanie betonu stężałego z betonem świeżym.

8. Świeżo ukończony zespół należy ochronić aż do czasu całkowitego stężenia betonu, przed działaniem słońca, mrozu, deszczu i innych wpływów atmosferycznych, jako też przed wszelkimi wstrząśnieniami i obciążeniami. Oprócz betonu wykonanego na miejscu budowy, wolno używać części, wykonanych w wytwórniach, naprz. płyt, rur, pali, krawężników i t. p.

## § 72. Czas mrozów.

1. W czasie zimowym przy temperaturze niżej  $0^{\circ}\text{C}$  należy przerwać roboty betonowe. Jeżeli wykonuje się roboty betonowe przy temperaturze od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $4^{\circ}\text{C}$  to należy świeży beton chronić przed ewentualnymi przymrozkami — na noc nakrywać.

W wypadkach wyjątkowych w których za zgodą zwierzchniej władzy budowlanej roboty betonowe muszą być wykonane przy temperaturze poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  należy miejsce budowli jakoteż mieszanie betonu zabezpieczyć od mrozów. Nie można przytem używać zamrożonego kamienia.

## § 73. Układanie żelaza.

1. Żelazo przed ułożeniem w deskowanie należy

oczyszczyć z wszelkich nieczystości. Należy usunąć rdzę jeżeli łuskanie odpada.

2. Wkładki żelaza należy jaknajpewniej w betonie zakotwić przy pomocy zagięcia końców.

3. Wkładki żelazne, które wedle projektu mają być z jednego kawałka, nie mogą być łączone spawaniem lub nitowaniem.

4. Jeżeli łączenie wkładek z dwóch lub więcej części jest nieuniknione, wskutek wielkiej długości, wtedy należy zetknięte części przedłużyć poza teoretyczny punkt zetknięcia o tyle, ażeby siły wewnętrzne nie mogły wkładek przesunąć a na całej długości zetknięcia należy łączące wkładki związać drutem.

5. Punkty łączenia wkładek nie powinny wpadać w przekroje największego natężenia żelaza.

6. Wzmocnienie żelazne należy w deskowaniu tak silnie umocować, ażeby przy nanoszeniu betonu człony wzmocnienia nie zmieniły swojego kształtu ani położenie.

#### **§ 74. Wykonanie deskowania i rusztowania.**

1. Rusztowania mają być tak silne, ażeby nie powodowały odkształceń w jeszcze dostatecznie niestężalych zespołach betonowych i tak obmyślane ażeby niektóre podpory zapasowe można zostawić nieruszone usuwając deskowanie i resztek rusztowania.

2. Deskowanie i rusztowanie powinno mieć taką ustrój ażeby je można rozbierać bez wywołania wstrząśnięć w stężalych zespołach betonowych.

#### **§ 75. Rozbieranie deskowania i rusztowania.**

1. Deskowanie i rusztowania można rozbierać tylko za zezwoleniem odpowiedzialnego technicznego kierownika robót betonowych, który ma stwierdzić osobiście, ewentualnie przy pomocy belek próbnych, czy beton jest już dostatecznie stężalny mógł unieść przynajmniej własny ciężar.

2. Podpory zapasowe należy zatrzymać najmniej 20 dni dłużej.

#### **§ 76. Obliczenie statyczne mostów betonowych i żelbetowych.**

1. Wszystkie części konstrukcji mostowej należy

obliczać przyjmując najniekorzystniejsze działanie sił zewnętrznych.

2. Uwzględniając niekorzystny wpływ wstrząsnień, jaki powoduje ruch podjazdów, należy ruchome ciężary przepisane § 15 z wyjątkiem ciężarów objętych § 15 ustęp 2 zwiększyć o 40%.

3. Ciężary skupione, działające przez warstwę nasypki żwirowej lub przez warstwę innego materiału łagodzącego wstrząśnienia należy przyjąć jako rozłożone równomiernie na powierzchnię równą powierzchni na którą ciężar wprost działa zwiększoną w kierunku podłużnym i poprzecznym o podwójną grubość warstwy łagodzącej wstrząśnienia i o pojedynczą grubość płyty. Dla zapewnienia równomiernego rozkładu ciężarów skupionych, należy zespoły żelbetowe złożone z szeregu dźwigarów teowych, stężyć żebrami poprzecznymi w odstępach nie przekraczających  $\frac{1}{3}$  rozpiętości dźwigarów w świetle.

4. Siły podporowe, momenty i siły poprzeczne należy obliczać:

a) dla dźwigarów statycznie wyznaczalnych według zasad powszechnie uznanych.

b) dla dźwigarów żelbetowych statycznie nie wyznaczalnych należy przekroje i momenty bezwładności przekrojów złożonych z betonu i żelaza zastąpić przekrojami sprowadzonymi (idealnymi) w ten sposób że każdemu elementowi przekroju żelaza przypisuje się w równaniach sprężystości 10-krotną wartość takiegoż elementu przekroju betonu. Przytem należy przyjąć współczynnik sprężystości betonu tak dla ciągnięć, jak i dla ciśnień równy 210000 kg./cm<sup>2</sup>.

Dla wyznaczenia samych sił zewnętrznych (dla stosunku momentów bezwładności) można brać w rachubę momenty bezwładności bez uwzględnienia przekroju żelaza.

5. Teoretyczne punkty podparcia, o ile nie są ustalone zapomocą specjalnych łożysk, należy przyjmować:

a) dla dźwigarów zginanych jedno przęsłowych i dla skrajnej podpory dźwigarów ciągłych w odległości od zewnętrznej krawędzi łożyska równej 2,5% rozpiętości w świetle, mierzonej w dolnej powierzchni dźwigara.

b) dla zginanych dźwigarów ciągłych na pośrednich podporach w środku łożyska.

6. Płyty dźwigarów teowych żelbetowych należy obliczać jak belkę ciągłą.

7. Grubość płyty żelbetowej dźwigara teowego, o ile wypada z obliczenia mniejsza niż 8 cm., należy zwiększyć przynajmniej do 8 cm.

8. Szerokość użyteczną płyty „c” po każdej stronie żebra żelbetowych dźwigarów teowych, należy przyjmować zależnie od odstępu żeber w świetle „a” i ich rozpiętości „l” według następującej tabliczki:

dla  $a : l =$  od 0 do 0,25; 0,50; 0,75; 1.

„ c : a = 0,5; 0,45; 0,40;  $\frac{1}{3}$ .

Dla  $a : l > 1$  należy przyjąć  $c \leq \frac{1}{3}$ .

Szerokość „C” nie może w żadnym wypadku przekraczać  $8 =$  krotnej grubości płyty.

9. Dźwigary ciągle wieloprzęsłowe należy obliczać partjami po trzy sąsiednie przęsła.

10. Dla obliczenia statycznego natężeń w betonie niewzmocnionym żelazem należy przyjąć że współczynnik sprężystości dla betonu ciśnionego i ciągnionego są jednakowe i to dla betonów o wytrzymałościach od 140 kg. w górę równe 150000 kg./cm.<sup>2</sup>, a poniżej 100 kg. równe 100000 kg./cm.<sup>2</sup>. Wartości pośrednie otrzymuje się przez interpolację.

11. Dla obliczenia statycznego natężeń w dźwigarach wzmocnionych żelazem, a narażonych, na zginanie lub mimoosiowo obciążonych, należy przyjąć stosunek współczynnika sprężystości żelaza do współczynnika sprężystości betonu równy 15 i ciągnięcie w betonie uwzględniać.

12. Dla obliczenia statycznego natężeń w słupach żelbetowych przy obciążaniu osiowym, należy przekrój złożony z betonu i żelaza zwiększyć o 15-krotny przekrój pionowej wkładki żelaznej. Atoli takie zwiększenie jest dopuszczalne pod warunkiem że przekrój żelaza wynosi najmniej 0,8% a najwyżej 3% przekroju betonu i że pręty uzbrojenia (wzmocnienia) są połączone strzemionami w odstępach równych połowie najmniejszego wymiaru przekroju słupa. Jeżeli uzbrojenie (wzmocnienie) podłużne jest silniejsze niż 3%, to nadwyżki ponad 3% wolno uwzględnić tylko trzecią część.

13. Dla słupów uzwojonych (wzmocnionych poprzecznie wkładką owijaną śrubowo), lub wzmocnionych szeregiem pierścieni spawanych, należy przy wzmocnieniu ciśnienia w betonie przyjąć sprowadzony (zastępczy, idealny) przekrój  $F_1$ . W wypadku rdzenia kołowego jest:

$$F_1 = 1,25 F_r + 15 f_p + 30 f_o, \text{ przyczem oznacza:}$$

$F_r$  — przekrój rdzenia, t. j. betonu wewnątrz wzmocnienia owijającego.

$f_p$  — przekrój wzmocnienia podłużnego

$f_o$  — przekrój otrzymany przez podzielenie objętości wzmocnienia owijającego przez długość słupa.

W wypadku rdzenia prostokątnego o stosunku boków leżącym między 1 a 1, i należy użyć wzoru:

$$F_1 = \alpha F_r + 15 f_p \text{ w którym}$$

$$\text{dla } \frac{100 f_o}{F_r} = 0,8 \quad 2,00 \quad 4,00$$

$$L = 1,3 \quad 1,70 \quad 1,90$$

Owiniecie wolno uwzględniać przy pomocy powyższych wzorów, jeżeli są spełnione następujące warunki: a — skok śruby, względnie odstęp pierścieni jest mniejszy od 0,2 średnicy rdzenia, przy natężeniu w betonie  $= 50 \text{ kg./cm.}^2$ , zaś mniejszy od 0,125 średnicy rdzenia przy natężeniu w betonie  $= 100 \text{ kg./cm.}^2$ , a nadto mniejszy od 8 cm.; b. — wzmocnienie podłużne jest (co do objętości) przynajmniej  $\frac{1}{3}$  wzmocnienia poprzecznego; c. —  $F_1 \leq 2 F_r$

14. Dla słupów ciśnionych (ściskanych) należy uwzględnić niebezpieczeństwo wyboczenia jeżeli smukłość t. j. stosunek swobodnej długości pręta „ $l$ ” do najmniejszego promienia bezwładności przekroju „ $i$ ” przekracza:

60 w wypadku wzmocnienia podłużnego

40 „ „ owijanego

20 „ „ betonu bez wzmocnienia

15. Dla słupów obciążonych (ściskanych) mimoosiowo, lub narażonych oprócz obciążenia osiowego także na działanie sił zginających należy wyznaczyć w betonie

w żelazie złożone nateżenia, wywołane obciążeniem momentem zginającym.

16. Jeżeli słupy są sztywnie połączone z belkami, należy przy obliczeniu słupów uwzględnić wpływ momentów wywołanych sztywnem połączeniem. Gdy długość słupów „ $l$ ” jest większa niż 20 krotny najmniejszy wymiar przekroju, to należy moment wywołany siłą zginającą zwiększyć o wartość  $0,005 P \cdot l$ , która przedstawia działanie siły ściskającej „ $P$ ” na ramieniu powstałym wskutek wygięcia słupa.

17. Dla dźwigarów wzmocnionych wkładkami ułożonymi w kilku szeregach równoległych do osi obojętnej najdalej położonego.

### § 17. Szczegóły konstrukcyjne.

1. Odstęp wkładek między sobą dla tego samego rodzaju wzmocnienia powinien być w świetle równy lub większy od grubości wkładek, nie powinien jednak schodzić niżej 2 cm., ani też przekraczać 15 cm.

2. Wkładki dwóch różnych wzmocnień, jak nprz. podłużnego i poprzecznego, powinny jak najdokładniej do siebie przylegać.

3. Dźwigary zginane, których końce nie leżą zupełnie swobodnie na podporze, należy zaopatrzyć w dodatkowe wzmocnienia przeciw możliwym momentom podporowym.

4. Wkładki żelazne, narażone na ciśnienie powinny być zabezpieczone wiązaniami poprzecznymi (strzemionami) przed wyboczeniem.

5. Wzmocnienie pionowe słupów powinno się składać przynajmniej z 4-ch prętów żelaznych rozmieszczonych na obwodzie.

6. Wiązania poprzeczne należy w słupach zakładać w odstępach mniejszych od najmniejszego poprzecznego wymiaru słupa, a zarazem mniejszych od 12-krotnej średnicy wkładek pionowych.

7. Wzmocnienie poprzeczne za pomocą drutu śrubowo na wkładkach pionowych nawiniętego, według systemu Consider'a lub wzmocnienie pierścieniami spawanymi powinno mieć skok skrętów, względnie odstęp pierścieni nie większy niż  $\frac{1}{5}$  średnicy koła opasanego wzmocnieniem, o drut opasający powinien zataczać dokładne koła i przylegać do wkładek pionowych.

8. Najmniejsza grubość okrycia nie może schodzić w płytach niżej 1 cm., a w innych zespołach niżej 2 cm.

### § 78. Natężenia dopuszczalne.

1. Natężenia dopuszczalne w betonie powinny odpowiadać wytrzymałości betonu po 28 dniowym normalnym tężeniu, a natężenia w żelazie granicy płynności, względnie wytrzymałości żelaza.

2. Natężenia dopuszczalne należy w obliczeniach statycznych przyjmować równe wytrzymałości materiału, mnożonej przez następujące współczynniki zmniejszające.

| Materiał           | RODZAJ NATĘŻENIA                                                                                                   | Współczynnik zmniejszający | Najwyższa granica dla natężeń dopuszczalnych w kg./cm. <sup>2</sup> |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Żelazo             | Ciągnienie lub ciśnienie . .                                                                                       | 0,25                       | 1200                                                                |
| Beton              | Ciśnienie:                                                                                                         |                            |                                                                     |
|                    | a. w dźwigarach prostych zginanych, w dźwigarach łukowych i ramowych, w słupach obciążonych mimośrodkowo . . . . . | 0,28                       | 55                                                                  |
|                    | b) w słupach i filarach przy osiowym obciążeniu .                                                                  | 0,22                       | 36                                                                  |
| Beton nieuzbrojony | Ciągnienie . . . . .                                                                                               | 0,05                       | 8                                                                   |

Natężenie dopuszczalne betonu na ścinanie może wynosić 0,025 wytrzymałości kostkowej najwyżej 5 kg./cm<sup>2</sup>.

3. Natężenia ukośne, obliczone statycznie bez uwzględnienia wkładek żelaznych, nie mogą przekraczać wytrzymałości betonu ciągniętego, którą oznacza się na 0,10 wytrzymałości kostkowej betonu po 28 dniowym normalnym tężeniu. Jeżeli już po spełnieniu tego warunku natężenia przekraczają 0,025 wytrzymałości kostkowej be-



tonu, ewentualnie są większe od 5 kg./cm.<sup>2</sup>, to należy nadmiar natężeń przenieść na wkładki ukośnie odgięte i na wiązania poprzeczne (strzemiona).

Wiązania poprzeczne (strzemiona) należy rozmieścić także na tej części dźwigarów, na której według powszechnie przyjętego sposobu obliczenia statycznego okaże się, że są niepotrzebne.

### **§ 79. Opór przeciw wyciąganiu żelaza z betonu (przyczepność)**

1. Dla zabezpieczenia współdziałania wkładek żelaznych z betonem — siły wewnętrzne, jakie według obliczeń statycznych działają na przekrój żelaza ciągniętego lub ciśnionego i starają się żelazo z betonu wyciągać, powinny być mniejsze, niż opór jaki temu przesunięciu stawia połączenie betonu z żelazem.

2. Dla obliczenia oporu należy pomnożyć obwód wkładki przez długość od przekroju, w którym zaczepia największa siła wewnętrzna do końca wkładki przez 2,5 na każdy cm.<sup>2</sup>

3. Dla wkładek żelaznych o końcach silnie w betonie zakotwionych można zwiększyć opór obliczony według ust. 2 bieżącego § o 40% do 50%, zależnie od pewności zakotwienia.

Jeżeli druty są zakończone hakami, a średnica żelaza nie przekracza  $\frac{1}{300}$  rozpiętości, to można obliczenia na przyczepność nie wykonywać.

4. Jeżeli zamiast żelaza o powierzchni obwodu gładko walcowanej, będą dla zwiększenia oporu, użyte żelaza o powierzchni nierównej (karbowanej), to należy odpowiednio uwzględnić korzystny wpływ tej chropowatości.

### **§ 80. Mosty drogowo-kolejowe.**

Mosty betonowe, służące równocześnie dla ruchu kołowego i kolejowego podlegają co do należeń dopuszczalnych przepisom Min. Kolei dla mostów kolejowych.

Mosty betonowe, przez które przechodzą tory miejskiej kolei elektrycznej (tramwaje), otrzymują natężenia dopuszczalne jak dla mostów drogowych.

### **§ 80. Wpływ zmian temperatury i skurczu betony.**

1. Natężenia dodatkowe, jakie wywołuje zmiana tem-

peratury, należy uwzględnić przy dźwigarach ramowych i łukowych.

2. Jako granicę zmian temperatury należy przyjąć ochłodzenie o  $15^{\circ}\text{C}$ . i ogrzanie o  $15^{\circ}\text{C}$ .

3. Dla dźwigarów których każdy wymiar przekroju jest większy od 70 cm., albo które są dostatecznie ochronione innymi materiałami należy granice zmian temperatury przyjąć  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

4. Spółczynnik rozszerzalności dla betonu i żelaza należy przyjmować  $= 0,000010$  na  $1^{\circ}\text{C}$ ., a współczynnik sprężystości dla betonu  $210000 \text{ kg./cm.}^2$

5. Wpływ skurczu betonu na powietrzu należy uważać za równoważny obniżeniu się temperatury o  $15^{\circ}\text{C}$ .

## § 82. Kontrola wykonania i obciążenie próbne.

1. Przed oddaniem mostu betonowego do publicznego użytku, zarząd drogi, do której most należy, ma przeprowadzić przy udziale delegata władzy budowlanej, która zatwierdziła plany budowy, komisyjne zbadania wykonania.

2. Dla mostów, które mają dźwigary główne, o rozpiętościach przekraczających 5 metrów w świetle, a w razach wątpliwych i dla mniejszych rozpiętości, należy z reguły, równocześnie z badaniem wykonania, przeprowadzić obciążenie próbne, którego nie można jednak wykonywać wcześniej jak po 90 dniach pewnego tężenia, licząc od dnia naniesienia betonu.

Jeżeli beton w czasie tężenia był pod działaniem mrozu, należy do 90 dni doliczyć czas trwania mrozów.

3. Obciążenie próbne tak dobrać, ażeby powodowało największe momenty, według których przeprowadzono obliczenia statyczne.

4. Obciążenie próbne powinno trwać tak długo, jak długo zwiększają się odkształcenia, jednak co najmniej 12 godzin. Dopiero po upływie tego czasu należy wyznaczać największe ugięcia. Ugięcie to nie powinno być większe od obliczonego statycznie.

5. Przed przyczółkiem mostowym na zewnątrz przekroju poprzecznego drogi należy osadzić stały znak wysokości (reper) opierający się fundamentem na gruncie rodzimym, a wykonany z materiału trwałego (żelaza

lanego, kamienia lub betonu). Przy mostach dłuższych niż 100 m. należy umieścić dwa takie znaki, po jednym na każdym końcu.

6. Po zbadaniu wykonania i przeprowadzeniu próby obciążenia, należy spisać protokół w 3 egzemplarzach, z których jeden ma być dołączony do protokołu odbiorczego, drugi przedłożony Min. Robót Publ., zaś trzeci oddany tej władzy, którą będzie nadal obowiązywać utrzymanie mostu.

### **§ 83. Oddanie mostu do użytku publicznego.**

1. Komisja przeprowadzająca kontrolę wykonania i próbę obciążenia, w razie korzystnych wyników oddaje zaraz most do użytku publicznego.

2. W razie znalezionych braków komisja decyduje na miejscu, czy pomimo tego można most zaraz oddać do użytku publicznego, czy wykazane braki usunąć w czasie ruchu, nad czem ma czuwać władza przejmująca most w utrzymanie.

3. Mosty nie można oddawać do użytku publicznego:

- a. w razie jeżeli ugięcie stałe, mierzone w 12 godz. po usunięciu obciążenia próbnego i po uwzględnieniu osiadania się podpór i wpływów temperatury, przekracza  $\frac{1}{4}$  całkowitego mierzonego ugięcia lub jest większe o 20% od ugięcia obliczonego statycznie.
- b. w razie jeżeli przy kontroli wykonania lub przy próbie obciążenia okazały się rysy, wywołane pękaniem betonu.

W tym wypadku powinna komisja uzupełnić protokół wnioskami, co do usunięcia wad mostu, przedłożyć zwierzchniej władzy budowlanej, która plany mostu zatwierdziła, celem dalszych zarządzeń.

### **§ 84. Utrzymanie mostów betonowych.**

1. Utrzymanie mostu betonowego obowiązuje tego, do kogo należy utrzymanie drogi, na której znajduje się most.

2. Każdego roku na wiosnę ma zarządzający mostem poddać go dokładnej rewizji. Zauważone przytem uszkodzenia konstrukcji, pomostu, jezdni i chodników, należy natychmiast usunąć.

### § 85. Mosty dawniejsze.

1. Dla mostów wybudowanych przed wejściem w użycie niniejszych przepisów, należy w najbliższym okresie czasu przeprowadzić szczegółową rewizję, poprzednim § przepisanych przyczem można dopuścić natężenia o 20% większe od przepisanych.

2. Dla mostów, dla których niema planów, należy przeprowadzić próbę obciążenia mostu, zwiększając obciążenie stopniowo, dla wyznaczenia zapewnionej wytrzymałości mostu.

## Rozdział VI.

### Mosty kamienne, oraz kamienne przyczółki i filary.

§ 86. Projekt szczegółowy.

§ 87. Odpowiedzialność za przedłożony projekt.

§ 88. Zatwierdzenie projektu.

§ 89. Nadzór w czasie budowy.

§ 90. Dziennik budowy.

Patrz przepisy  
oryginalne

### § 91. Materiały budowlane.

1 Do budowy mostów kamiennych oraz kamiennych przyczółków i filarów należy używać kamieni naturalnych, a tylko w wyjątkowych wypadkach dobrze wypalanej cegły. Kamienie naturalne mogą być użyte jako kamień łomowy lub ciosowy. \*

2. Części konstrukcyjne obliczane jako statyczna całość należy budować z kamienia o jednostajnym składzie i jednakowej wytrzymałości.

Łączenie dwóch rodzajów kamienia w sklepieniach jak naprz. cegły i kamienia naturalnego, jest niedopuszczalne. Natomiast sposób obrobienia kamienia może być dowolny.

3. Do związania kamieni należy z reguły używać zaprawy cementowej. Zaprawę cementową można jednak zastąpić innym materiałem, przewyższającym siłą łączenia i trwałością zaprawę cementową.

### § 92. Nadsypka i pomost.

1. W celu zmniejszenia wstrząśnięć należy mur pod

jezdnią przykryć nadsypką z piasku, żwiru lub tłucznia lub też warstwą materiału sprężystego.

2. Grubość nadsypki z pomostem nie powinna w żadnym miejscu schodzić poniżej 45 cm.

3. Spad poprzeczny pomostu należy dostosować do rodzaju użytego materiału.

### § 93. Odwodnienie.

1. Wodę opadową należy odprowadzić z pomostu zapomocą celowych urządzeń zapobiegających przesiąkaniu wody w głąb nadsypki.

2. W celu zabezpieczenia muru mostu przed zawilgoceniem powinno się założyć między powierzchnią muru, a nadsypką warstwę nieprzemakalnego materiału z odpowiednim urządzeniem, umożliwiającym łatwy odpływ wody przesiąkającej przez pomost i nadsypkę.

### § 94. Natężenie dozwolone.

1. Natężenia dozwolone należy z reguły przyjąć według kosztowej wytrzymałości kamienia, projektowanego do budowy, a wyznaczonej przez rządowo upoważniony zakład do badania materiałów budowlanych.

2. Dla sklepień należy przyjmować natężenia do 25 m. rozpiętości w świetle  $= 1/30$  wytrzymałości kamienia, ponad 25 m. rozpiętości w świetle  $= 1/25$  wytrzymałości kamienia.

3. Natężeń ciągnących w sklepieniu należy nie uwzględniać.

4. W przyczółkach i filarach natężenia dozwolone nie powinny przekraczać  $1/30$  wytrzymałości kam.

5. W sklepieniach mniejszych mostów o rozpiętościach w świetle nie przekraczających 12 metrów jako też w przyczółkach i filarach na których spoczywają przęsła o rozpiętościach nie przekraczających 25 m., można dopuścić następujące natężenia:

dla murów z ciosów wapienia lub piaskowca o wyborowym gatunku najwyżej 20—30 kg./cm<sup>2</sup> dla muru warstwowego z kamienia łomowego na zaprawie cementowej (cem. portl. 1:3)—12 do 15 kg./cm<sup>2</sup>. dla muru surowego z kamienia łomowego na zaprawie cementowej (cem. portl.). . . 8 do 10 kg./cm<sup>2</sup>.

dla cegły wysoko wartościowej na zaprawie cementowej (cem. portl.) . . . . . 12 do 18 kg./cm.<sup>2</sup>

dla cegły maszynowej na zaprawie cementowej (cem. portl.) . . . . . 10 do 12 kg./cm.<sup>2</sup>

dla cegły zwyczajnej na zaprawie cementowej (cem. portl.) . . . . . 8 kg./cm.<sup>2</sup>.

6. Dla ciosów pod płyty łożysk, na przyczółkach i filarach należy przyjmować  $\frac{1}{20}$  wytrzymałości kostkowej kamienia, jednak nie więcej niż 50 kg./cm.<sup>2</sup>

### § 95. Obliczenia statyczne.

1. Sklepienia o mniejszych rozpiętościach nie przekraczających w świetle 20 m. można obliczać statycznie na podstawie linii ciśnienia jako łuk sprężysty bezprzegubowy. Dla mostów większych należy przeprowadzać szczegółowe obliczenia za pomocą linii wpływowych.

2. Przy obliczeniu statystycznym należy uwzględnić najniekorzystniejsze działanie sił zewnętrznych, a dla sklepień o rozpiętościach przekraczających 20 m., także i wpływ zmian temperatury w granicach  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

Spółczynnik rozszerzalności można przyjmować równy 0,000007 na  $1^{\circ}\text{C}$ , a spółczynnik sprężystości równy 60000 kg./cm.<sup>2</sup>.

3. Uwzględniając niekorzystny wpływ wstrząszeń, jakie powoduje ruch pojazdów, należy ciężary ruchome przepisane § 15 ust. 1 zwiększyć o 40%.

4. Dla ciężarów skupionych można przyjąć, że obciążenie rozkłada się na powierzchnię, równą powierzchni na którą ciężar bezpośrednio działa zwiększoną w kierunku podłużnym i poprzecznym o długość równą podwójnej grubości nadsypki.

### § 96. Rusztowania krążynowe.

1. Do podtrzymania sklepienia przez cały czas budowy aż do zupełnego stężenia zaprawy, wiążącej kamienie, należy wykonać silne i pewne rusztowanie krążynowe które oprócz ciężaru sklepienia powinno utrzymać bez widocznego odkształcenia ciężar maszyn roboczych i ludzi pracujących.

2. W założeniu rusztowania na wodach (bieżących) powinno się przewidzieć niebezpieczeństwo spływających

kry lodowej i uderzenia przedmiotów przesuwających się pod rusztowaniem, jak nie mniej i wpływ zmian stanu wody.

3. Podparcie krążyn na rusztowaniu należy urządzić w ten sposób, ażeby przy rozbieraniu nie powodować szkodliwych wstrząśnięć sklepienia, a zarazem ażeby obniżenie krążyn mogło się odbywać powolnie i stopniowo.

4. Czas usunięcia krążyn oznacza techniczny kierownik budowli, zależnie od ustroju mostu, rodzaju zaprawy, pory roku i innych wpływów mogących szkodliwie oddziaływać na wytrzymałość sklepienia.

### **§ 97. Kontrola wykonania.**

1. Przed oddaniem mostu kamiennego do użytku publicznego, zarząd drogi do której most należy ma przeprowadzić, przy udziale delegata władzy budowlanej, która zatwierdziła plany budowy, komisyjne zbadanie wykonania, przy ewentualnym przeprowadzeniu prób obciążenia.

2. Z wyników komisyjnego zbadania wykonania należy spisać protokół w trzech egzemplarzach, z których jeden ma być dołączony do protokołu odbiorczego, drugi przedłożony Ministerstwu Robót Publicznych, a trzeci oddany tej władzy którą nadal będzie obowiązywało utrzymanie mostu.

### **§ 98. Oddanie mostu do użytku publicznego.**

1. Komisja przeprowadzająca kontrolę wykonania, w razie korzystnych wyników, oddaje zaraz most do użytku publicznego.

2. W razie znalezionych braków komisja decyduje na miejscu, czy można most zaraz oddać do użytku publicznego, a wykazane wady usunąć w czasie ruchu na moście.

### **§ 99. Utrzymanie mostów kamiennych.**

1. Zarządzający mostem kamiennym, powinien każdego roku na wiosnę zarządzić rewizję mostu oczyszczenie urządzeń odwadniających, naprawę i wyrównanie po mostu jezdni i chodników.

2. W razie gdyby się okazało zawilgocenie muru w częściach niosących most, należy przyczynę tego natychmiast usunąć.

## Rozdział VII.

### § 100. Grunt budowlany.

Rodzaj i wytrzymałość gruntu należy zbadać przez sądowanie lub próbne bicie pali, a w razach ważniejszych także i przez odpowiednie próby obciążenia aż do wartości spodziewanych ciśnień skrajnych w fundamencie.

Dla określenia natężeń dopuszczalnych będą przy tych próbach miarodajne prócz bezwzględnej wartości osiadania, także różnice osiadań w sąsiednich dołach próbnych.

Najwyżej można dopuścić następujące obciążenie jednostkowe gruntu.

1. Warstwy ziemne osadowe o zmiennej grubości, miążki piasek bardzo wilgotny, lecz stały, zabezpieczony przeciw podmyciu do  $1,5 \text{ kg./cm}^2$ .

2. Głina, il, piasek ilasty, miernie wilgotny—do  $2 \text{ kg./cm}^2$ .

3. Il zbity, suchy piasek ostry, zabezpieczony przeciw podmyciu — do  $4 \text{ kg./cm}^2$ .

4. Żwir ubity, gruby piasek zabezpieczony przeciw podmyciu, skała — do  $6 \text{ kg./cm}^2$ .

Warstwy ziemne pod fundamentem budowli mają być odsłonięte w każdym razie poniżej głębokości zamarzania ziemi aż do stałego gruntu rodzimego, po zdjęciu nasypów sztucznych i warstw zwietrzałych. Oparcie fundamentu, na najstarszych nawet nasypach sztucznych jest niedopuszczalne.

**A. Tymczasowe przepisy dotyczące cementów i dodatków hydraulicznych używanych w budownictwie betonowym.**

### § 1. Przedmiot przepisów.

1. Przepisy obejmują lepiszcza (spoiwa) hydrauliczne, oznaczane nazwą cementów, które mają własność, że wiążą nie tylko na powietrzu, lecz także i bez dostępu powietrza, a oprócz tego dotyczą takich dodatków hydraulicznych, które do wiązania potrzebują innego lepiszcza a mianowicie cementu lub wapna.

2. Podlegają niniejszym przepisom następujące materiały:

**A.** Cement portlandzki zwyczajny, czyli powoli wiążący i cement portlandzki szybko wiążący.



- B. Cement portlandzki żelazisty.
- C. Cement żużlowy.
- D. Cement naturalny, zwany romańskim.
- E. Dodatki hydrauliczne.

## **A. Cement portl. zwyczajny czyli powoli wiążący i cement portl. szybko wiążący.**

### **§ 2. Określenia.**

1. Cement portl. jest lepiszczem (spoiwem) hydraulicznym które otrzymuje się z naturalnych iłów wapiennych lub ze sztucznej i ściślej mieszaniny gliny i wapna przez wypalenie aż do granicy topliwości, a następnie przez zmielenie po ostudzeniu.

2. Cement portl. winien zawierać na wagę na jedną część składników hydraulicznych, jako to krzemionki ( $\text{SiO}_2$ ) + glinki ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + tlenku żelaza ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) najmniej 1,7 do 2,2 części wapna ( $\text{CaO}$ ). Obce domieszki są dopuszczalne w wysokości najwyżej 2%.

3. Ciężar gatunkowy cementu portl. po wyprażeniu wynosi 3,05.

### **§ 3. Opakowanie zaopatrzenie w napisy i ciężar.**

1. Cement portl. winien być dostarczany w beczkach ważących po 100, 150 lub 200 kg. (brutto) lub w workach zaplombowanych, ważących 50 lub 100 kg. (brutto).

2. Beczki i worki mają być zaopatrzone wyraźnym napisem: „Cement portl. zwyczajny czyli powoli wiążący“ lub „Cement portl. szybko wiążący“, nadto godłem cementowni i wagą brutto.

3. Straty z wagi brutto, nie przekraczające 2% liczą się do strat nabywcy.

### **§ 4. Dokładność zmielenia.**

Cement portl. ma być tak dokładnie zmielony, ażeby na sicie drucianym, z drutu 0,05 mm. grubego, w którym wypada 4000 oczek na 1 cm<sup>2</sup>. po przesianiu 100 gramów, nie pozostało więcej mialu cementowego niż 30 gramów, a na sicie z drutu 0,1 mm. grubego, na którym wypada 900 oczek na 1 cm<sup>2</sup>. po przesianiu 100 gramów cementu nie pozostało więcej mialu cementowego niż 5 gramów.

## § 5. Stałość objętości cementu pod wodą i w suchem powietrzu.

1. Cement portl. zarobiony wodą i stężaly nie powinien pękać ani nierównomiernie się odkształcać pod działaniem wody.

2. Dla sprawdzenia należy z czystego cementu zarobionego wodą zrobić na płycie szklanej placek w środku około 1 cm. gruby, ku obwodom cieńszy. Placek ten włożony po 24 godz. do wody i trzymany w wodzie w przeciągu dalszych 28 dni nie powinien wykazywać na obwodzie żadnych pęknięć ani też nierównych odkształceń brzegów.

## § 6. Wiązanie cementu.

1. Wiązanie cementu oznacza przejście sypkiej lub płynnej masy cementowej w stan stały.

2. Cement portl. zwyczajny (powoli wiążący) powinien wiązać powoli, to znaczy wiązanie cementu powinno się zaczynać dopiero po upływie 30 minut, licząc od chwili zarobienia cementu wodą, zaś kończy się po upływie 12 godz.

3. Dla oznaczenia czasu wiązania należy używać aparatu Vicat'a z igłą normalną okrągłą zakończoną powierzchnią prostopadłą do osi igły i mierzącą 1 mm<sup>2</sup>.

3. Obciążenie igły winno wynosić 300 gramów. Próbkę cementu powinna być zrobiona w następujący sposób: 300 gr. cementu zararabia się 80 gr. wody miesza się przez 3 minuty i wlewa do pierścienia o średnicy 7 cm. a 4 cm. wysokiego ustawionego na szybie szklanej.

Tak wykonaną próbkę przebija się igłą. Chwilę w której igła nie może już przebić całej grubości próbki należy oznaczyć jako „początek wiązania cementu.” Czas zaś jaki upłynie między początkiem wiązania i tą chwilą w której igła nie zostawia już na próbce żadnego śladu należy oznaczyć jako „czas wiązania cementu”.

Całą próbę należy przeprowadzać w zwyczajnej temperaturze pokojowej. Również cement i woda powinny być przed zaczęciem próby ogrzane do zwyczajnej temperatury około +15° C.

## § 7. Siła wiązania.

1. Siłę wiązania cementu należy wyznaczyć badaniem wytrzymałości na zgniecenie i na ciągnięcie na próbkach zrobionych z normalnej zaprawy cementowej.

2. Normalną zaprawę cementową należy sporządzić według wagi z 1 cz. cementu, 3 cz. piasku normalnego i 8% wody.

3. Nazwą „Piasek normalny” oznacza się zwyczajny piasek kwarcowy, czysty, płukany, o jednakowej jakości i takiej wielkości ziarn, że piasek zupełnie nie przechodzi przez sito z drutów 0,3 mm. grubych o 144 oczkach na 1 cm<sup>2</sup>., a natomiast wszystek przechodzi przez sito z drutów 0,4 mm. grubych o 64 oczkach na 1 cm<sup>2</sup>.

4. Dla badania wytrzymałości na zgniecenie należy z normalnej zaprawy cementowej sporządzić 5 próbek w formach żelaznych, łatwo i bez wstrząśnień dających się rozbierać.

5. Formy mają mieć takie wymiary, ażeby dawały sześciiany o bokach równych 71 mm.

6. Ściany form powinny być przed naniesieniem zaprawy lekko powleczone tłuszczem.

7. Formy powinno się zapęłnić zaprawą naraz a zaprawę ubijać mechanicznie 150 krotnem uderzeniem ubijaka.

Po ubiciu należy górną powierzchnię zaprawy wyrównać z górną powierzchnią formy.

8. Próbkki zaprawy cementowej powinny zostawać w formach do chwili związania, a następnie po rozebraniu form należy próbki trzymać przez 24 godziny w wilgotnym powietrzu.

9. Po upływie 24 godzin należy próbki przechowywać przez 6 dni pod wodą, a następnych 21 dni na wolnym powietrzu.

10. Dla cementu który ma być użyty do robót wodnych należy ustęp 9 bieżącego § zmienić w ten sposób, że próbki po upływie 24 godzin mają być bez przerwy następnych 27 dni do czasu próby trzymane pod wodą.

Warstwa wody nad górną powierzchnią próbki powinna mieć grubość około 2 cm.

11. Przez cały czas od chwili zarobienia cementu wodą aż do przeprowadzenia prób na ciśnienie, należy

trzymać próbki w zwyczajnej temperaturze pokojowej, to znaczy około  $+15^{\circ}\text{C}$ . Tę samą temperaturę powinny mieć przed mieszaniem cement, piasek i woda.

12. Próbki zaprawy cementowej powinno się z reguły poddawać próbnemu ciśnieniu po upływie 28 dni licząc od dnia sporządzenia próbek.

13. Przy próbie należy poddawać ciśnieniu ściany boczne kostek, a nie powierzchnię górną i dolną.

14. Wytrzymałość zaprawy cementowej na zgniecenie wyznacza średnia arytmetyczna z wytrzymałości 5 próbek.

Przy normalnej mieszaniu zaprawy winien cement portl. osiągać następujące najmniejsze wytrzymałości:

Dla cementu mającego być użytym do betonu ubijanego:

a — przy przechowaniu próbek pod wodą po 7 dniowym trwaniu tężenia:

wytrzymałość na ciągnięcie . . . 15 kg./cm<sup>2</sup>.

„ „ ciśnienie . . . 150 kg./cm<sup>2</sup>.

po 28 dniowym tężeniu:

wytrzymałość na ciągnięcie . . . 25 kg./cm<sup>2</sup>

„ „ ciśnienie . . . 250 kg./cm<sup>2</sup>.

b — przy przechowaniu zmiennem próbek po 28 dniowym trwaniu tężenia:

wytrzymałość na ciągnięcie . . . 30 kg./cm<sup>2</sup>.

„ „ ciśnienie . . . 300 kg./cm<sup>2</sup>.

Dla cementu mającego być w następstwie użytym do konstrukcji żelazno-betonowych:

a — przy przechowaniu próbek pod wodą po 28 dniowym trwaniu tężenia:

wytrzymałość na ciągnięcie . . . 28 kg./cm<sup>2</sup>.

„ „ ciśnienie . . . 280 kg./cm<sup>2</sup>.

b — przy przechowywaniu zmiennem próbek po 28 dniach trwania tężenia:

wytrzymałość na ciągnięcie . . . 34 kg./cm<sup>2</sup>.

„ „ ciśnienie . . . 340 kg./cm<sup>2</sup>.

## § 8. Świadectwo jakości cementu.

1. Na podstawie przeprowadzonych prób cementu należy spisać „świadectwo jakości cementu“.

2. Świadectwo ma podawać:

- a — nazwę i miejsce zakładu, który próby przeprowadził;
- b — dzień przeprowadzenia próby i nazwiska obecnych;
- c — na czyje życzenie były próby przeprowadzone;
- d — nazwę cementowni, która dostarczyła cementu i cel na jaki ma być cement użyty;
- e — opis przeprowadzenia prób;
- f — wyniki otrzymane przy próbach;
- g — średnia wytrzymałość zaprawy cementowej na zgniecenie i ciągnięcie.

3. Świadcstwo winno być podpisane przez kierownika zakładu i dwóch świadków.

### **§ 9 Zakłady do wykonywania prób cementu.**

1. Miarodajne próby cementu mogą przeprowadzać urzędownie uprawnione „Stacje doświadczalne dla materiałów budowlanych”.

2. Za miarodajne można uważać próby cementu wykonane i przez inne zakłady, a nawet przez cementownie i przedsiębiorstwa budowlane, które mają maszyny sprawdzone przez „Stację doświadczalną, o ile na to zgodzi się zwierzchnia władza budowlana i o ile próby cementu będą wykonane w obecności delegata tej władzy.

### **B. Cement portlandzki żelazisty.**

#### **§ 10. Określenie.**

1. Cement portl. żelazisty jest lepszem hydraulicznem, które powstaje przez zmięszanie najmniej 70% zwyczajnego cementu portl. z najwyżej 30% żużli wielkopieczowych.

2. Żużle które tworzą się przy wytapianiu żelaza powinny zawierać na 1 część wagi składników hydraulicznych, jako to krzemionki  $\text{SiO}_2$  i glinki  $\text{Al}_2\text{O}_3$  najmniej — 1 część wagi wapna ( $\text{CaO}$ ) i magnezu.

3. Grudy wypalonego cementu portl. i grudy żużli wielkopieczowych mają być jak najdokładniej zmielone i ze sobą przemieszane.

4. Dodatki innych składników służące do regulowania czasu wiązania nie mogą przekraczać 3% już zmieszanej masy cementu portl. z żużlem.

## § 11. Opakowanie, zaopatrzenie w napisy i ciężar.

1. Cement portl. żelazisty powinien być dostarczany w beczkach ważących 100, 150 lub 200 kg. (brutto), lub workach zaplombowanych, ważących 50 lub 100 kg. (brutto).

2. Worki i beczki mają być zaopatrzone wyraźnym napisem „**Cement portl. żelazisty**“ z podaniem nazwy i godła cementowni, oraz wagi brutto.

3. Straty z wagi brutto nie przekraczające 2% liczą się do strat nabywcy.

## § 12. Własności i wytrzymałość cementu.

Przepisy objęte §§ 4—9 obowiązują i dla cementu portl. żelazistego.

### C. Cement żuźlowy.

#### § 13. Określenie.

1. Cement żuźlowy jest lepiszczem hydraulicznym złożonym co do wagi z najmniej 15% cementu portl. i z najwyżej 85% żużli wielkopieczowych.

2. Cement żuźlowy powstaje przez zmielenie grud żużli i cementu portl. i dokładne wzajemne przemieszanie.

3. Żużle wielkopieczowe powinny mieć skład następujący:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \frac{1}{3} \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \frac{2}{3} \text{Al}_2\text{O}_3} > 1$$

4. Zawartości magnezu (MnO) w żużlach nie powinna przekraczać 5%.

5. Dodatki służące do uregulowania czasu wiązania nie mogą przekraczać 3% wagi cementu żuźlowego.

6. Jakiegokolwiek dodatki służące tylko do zwiększenia ciężaru cementu są niedopuszczalne.

## § 14. Opakowanie, zaopatrzenia w napisy i ciężar.

1. Cement żuźlowy powinien być dostarczony w beczkach, ważących 100, 150 lub 200 kg. (brutto) lub w workach zaplombowanych, ważących 50 lub 100 kg. (brutto).

2. Na beczkach i workach winien być umieszczony wyraźny napis „**Cement żuźlowy**“ nadto godło cementowni i waga brutto.

3. Zmniejszenie wagi transportu nie przekraczające 2 ‰, zalicza się do strat nabywcy.

### § 15. Dokładność zmielenia.

Zgodnie z § 4.

### § 16. Własności i wytrzymałość.

Przepisy objęte §§ 5 do 9 obowiązują i dla cementu żuźlowego.

## D. Cement naturalny-romański.

### § 17. Określenie.

1. Cement naturalny, zwany romańskim, jest lepi-  
szcem hydraulicznym, które otrzymuje się z naturalnego  
marglu wapiennego, zasobnego w glinę przez wypalenie  
w temperaturze wypalania normalnej cegły i następnie  
przez zmielenie po ostudzeniu.

2. Skład chemiczny cementu romańskiego nie jest  
ściśle ograniczony. Ilość wapna na wagę nie powinna  
przekraczać jednak 40 ‰ w stosunku do ilości gliny i in-  
nych składników.

### § 18. Opakowanie, zaopatrzenie w napisy i ciężar.

1. Cement romański powinien być dostarczany  
w workach ważących 100, 150 lub 200 kg. (brutto).

2. Worki i beczki winny być zaopatrzone w wyraźne  
napisy „**Cement naturalny romański**“ nadto winno być  
podane godło cementowni i waga brutto.

3. Straty wagi brutto nie przekraczające 2 ‰ liczą się  
do strat nabywcy.

### § 19. Czas i siła wiązania.

Czas i siłę wiązania cementu romańskiego należy  
oznaczać według sposobów podanych w §§ 6 do 9.

## E. Dodatki hydrauliczne.

### § 20. Określenie.

Dodatki hydrauliczne są to ziemie pochodzenia wul-  
kanicznego, lub sztuczne produkty, które mechanicznie  
związane z wapnem lub jednym z cementów objętych

§§ 2 do 19 dają do specjalnych celów lepsze hydrauliczne.

### **§ 21. Opakowanie, oznaczenie i ciężar.**

Dodatki hydrauliczne winny być dostarczane w workach, beczkach lub jakichkolwiek zamkniętych skrzyniach na których należy umieścić wyraźny napis „**Dodatek hydrauliczny**“, nadto nazwę handlową nprz. trass, pozzolana, ziemia santoryjska, żużle wielkopiecowe i t. p., nazwisko dostawcy, pochodzenie i wagę brutto.

### **B. Tymczasowe przepisy dotyczące wytrzymałości betonu.**

#### **§ 1. Przedmiot przepisów.**

Przepisy odnoszą się do wyznaczenia wytrzymałości betonu na ciśnienie do celów budownictwa betonowego.

#### **§ 2. Przysposobienie betonu.**

1. Próbką betonu, którą wykonuje się przed zaczęciem budowy, powinna być sporządzona z tych samych materiałów i przy tym samym składzie ilościowym cementu, kamienia i wody, w jakich będzie następnie przygotowywany beton do wykonania budowy, przyczem cement, kamień i wodę należy zważyć.

2. Każdy z materiałów składowych betonu powinien mieć ciepłotę normalną, to znaczy koło  $+ 15^{\circ}\text{C}$ .

3. Największe ziarna kamienia powinny przechodzić przez sito o otworach 3 cm.

4. Beton należy mieszać temi samemi narzędziami, jakie będą używane do mieszania betonu przy budowie.

5. Do sporządzenia próbek kontrolnych w czasie budowy należy z reguły użyć tego betonu, którym się na budowie pracuje w chwili sporządzenia próbek.

6. Z tego betonu należy usunąć ziarna kamienia nie odpowiadające ust. 3 tego §.

#### **Miejsce sporządzenia próbek.**

Próbki winne być sporządzone na miejscu budowy w obecności kierownika budowy, w miejscu chronionem przed deszczem, przeciągiem i bezpośrednim działaniem promieni słonecznych lub otwartych ognisk.



#### § 4. Ilość próbek.

Z reguły należy sporządzić 4 próbki z tego samego betonu i w zupełnie takich samych warunkach.

#### § 5. Formy do sporządzania próbek.

1. Do sporządzania próbek należy używać form żelaznych, które powinny nadać próbkom kształt dokładnych sześcianów o długości boków równych 20 cm.

2. Formy powinny być tak sporządzone ażeby dały się łatwo rozbierać bez wstrząśnień i bez uszkodzenia ścian próbek.

#### § 6. Nanoszenie betonu do form.

1. Formy należy wypełniać przy użyciu betonu miękkiego, za jednym razem i powierzchnię górną zrównać z górną krawędzią formy.

2. Przy użyciu betonu sypkiego należy beton nanieść do formy dwoma warstwami, a przytem ubijać w ten sam sposób co na budowie. Górną powierzchnię należy wyrównać według krawędzi formy.

3. Ażeby zapobiedz powstawaniu próżni przy ściąganiu formy należy podczas nanoszenia betonu, kamienie opierające się o ściany formy zepchnąć w dół za pomocą odpowiednich narzędzi.

4. Formy po zapelnieniu betonem należy ustawić w miejscu spokojnem nie narażonem na wstrząśnienia.

#### § 7. Dalsze postępowanie z próbkami.

1. Próbki mają pozostawać w formach przez 24 godziny.

2. Po wyjściu z formy należy próbki okryć wilgotną szmatą i w tem wilgotnem okryciu trzymać przez 7 dni, ułożywszy je górną powierzchnią na ruszcie drewnianym, ażeby powietrze miało dostęp ze wszystkich stron.

3. Przez cały ten czas próbki powinny być przechowywane w zwyczajnej temperaturze pokojowej, to znaczy około  $+15^{\circ}\text{C.}$ , zabezpieczone od wstrząśnień i niczem nie obciążone.

4. Przewóz próbek z miejsca wykonania do miejsca próby może nastąpić dopiero po 8 dniach, licząc od chwili sporządzenia próbek. Należy przytem zwracać uwagę na

staranne opakowanie w trociny lub inny podobny materiał, celem ochrony przed szkodliwym wpływem wstrząśnięć lub przed uszkodzeniem ścian.

### § 8. Oznaczenie próbek

Każdą próbkę należy po wyjściu z formy zaopatrzyć w znak rozpoznawczy, czyli cechę w sposób trwały i wyraźny. Należy przytem oznaczyć wierzchnią stronę kostki (dla zorientowania się co do kierunku ubijania).

1. Po wykonaniu próbek należy spisać w 2-ch egzemplarzach „**Protokół sporządzenia próbek**“.

2. Protokół sporządzenia próbek ma podawać:

a — Miejsce i dzień sporządzenia próbek.

b — Nazwiska obecnych przy sporządzeniu próbek.

c — Na czyje zarządzenie próbki są wykonane i to czy się je wykonuje przed zaczęciem budowy, czy też w czasie budowy dla kontroli.

d — Nazwisko technicznego kierownika budowy.

e — Oznaczenie budowli do której beton próbowany będzie użyty.

f — Stosunek ilościowy w jakim materiały składowe wchodzi w beton, pochodzenie materiałów składowych, sposób mieszania betonu.

g — Sposób oznaczenia próbek, dzień wykonania, temperaturę w jakiej były wykonane i sposób przechowywania próbek po wykonaniu.

3. Protokół sporządzenia próbek winien być podpisany przez technicznego kierownika budowy i dwóch świadków.

4. Jeden egzemplarz protokołu sporządzenia próbek powinien być dołączony do dziennika budowy, a drugi wraz z próbkami, przedłożony kierownikowi zakładu przeprowadzającego próbę wytrzymałości.

### § 10. Wykonanie prób betonu.

1. Próby wytrzymałości kostek betonowych na zgniecenie należy przeprowadzać z reguły po 28 dniach, licząc od dnia sporządzenia próbek.

2. Przed zaczęciem budowy mogą być wykonane próby już po 8 dniach zupełnie spokojnego tężenia, jednak tylko do przybliżonej oceny wytrzymałości.

Oprócz takiej przybliżonej próby powinny być wykonane próby miarodajne po 28 dniach.

3. Przybliżoną wytrzymałość betonu z prób po 8 dniach należy oznaczać mnożąc otrzymaną wytrzymałość przez 1,5.

4. Przed poddaniem próbek obciążeniu należy wyznaczyć ciężar i dokładne wymiary oraz sprawdzić czy ściany kostki dolna i górna są do siebie równoległe i płaskie. W przeciwnym razie należy je wyrównać.

5. Wytrzymałość na zgniecenie należy wyznaczać maszyną dokładnie sprawdzoną. Podkładki z filcu, papy, ołowiu i t. p. są niedopuszczalne. Jeżeli do mierzenia ciśnienia służą miary sprężynowe, to dla kontroli należy nastawić dwie miary.

6. Kostki należy poddawać ciśnieniu w tym kierunku, w jakim były wykonane, to znaczy wywierając nacisk na powierzchnię górną i dolną kostki.

7. Ciśnienie wywierane na kostkę powinno wzrastać powoli a ciągle tak, ażeby w przybliżeniu przyrost na 1 sekundę wynosił  $1 \text{ kg./cm}^2$ .

8. Jako wytrzymałość kostkową należy przyjąć średnią arytmetyczną z wyników otrzymanych przy poszczególnych próbkach. Jeżeli ta średnia arytmetyczna jest mniejsza od żądanej wytrzymałości kostkowej, albo jeżeli jedna z poszczególnych wartości jest o 20 % mniejszą od wspomnianej wytrzymałości, to wówczas nie można używać tej jakości betonu.

## § 11. Świadectwo wytrzymałości betonu na ciśnienie.

1. Z wykonania prób betonu na ciśnienie należy spisać „Świadectwo wytrzymałości betonu na ciśnienie”, które ma zawierać następujące dane:

- a — Oznaczenie zakładu, który próby przeprowadza; dzień przeprowadzenia prób, nazwisko kierownika i obecnych przy próbie.
- b — Oznaczenie budowy i nazwisko technicznego kierownika budowy, dla której próby się wykonuje, a to na podstawie i przy załączeniu „Pro-

tokółu sporządzenia próbek" spisanego według § 7.

c — Opisanie maszyny próbnej i sposobu przeprowadzenia próby, z podaniem wyników dla każdej z 4-ch kostek próbnych.

d — Oznaczenie wytrzymałości betonu na ciśnienie.

2. Protokół wykonania prób ma być podpisany przez kierownika zakładu, przeprowadzającego próby i przez dwóch świadków.

### **§ 12. Zakłady do wykonywania prób.**

1. Miarodajnymi są tylko próby wykonane przez rządowo upoważnione stacje dla materiałów budowlanych.

2. Próby mogą być wykonywane również i przez inne zakłady, a nawet przedsiębiorstwa budowlane, które mają maszyny sprawdzone przez stacje doświadczalne, o ile na to zgodzi się władza, zarządzająca wykonanie prób betonu i o ile próba wytrzymałości będzie wykonana w obecności delegata tej władzy.

### **§ 13. Belki próbne.**

1. W celu utrzymania jednostajnej jakości betonu w czasie budowy i dla kontroli stopnia stężenia betonu w gotowych zespołach betonowych, zaleca się wykonywanie w czasie i na miejscu budowy belek próbnych żelbetowych.

2. Przy częściach ustroju niosącego, które są narażone na zginanie, należy na żądanie prowadzącego budowę wykonać próbę wytrzymałości betonu na sporządzonych w tym celu próbnych (kontrolnych) belkach.

3. Wymiary belek próbnych, sposób ich wykonywania i sposób przeprowadzenia prób na zginanie określi Ministerstwo Robót Publicznych osobnym okólnikiem.

## **C. Tymczasowe przepisy dotyczące żelaza budowlanego.**

### **§ 1. Przedmiot przepisów.**

Przepisy niniejsze odnoszą się:

A. Do żelaza konstrukcyjnego w zespołach żelaznych.

B. Do żelaza wzmacniającego w zespołach żelbetowych.

## A, Żelazo konstrukcyjne w zespołach żelaznych.

### § 2. Rodzaj żelaza.

Dźwigary jednolite winny być walcowane z reguły z żelaza zlewego.

Można je jednak walcować wyjątkowo także z żelaza spawanego, a w szczególnych wypadkach i ze stali zlewnej.

### § 3. Jakość żelaza.

Dźwigary powinny być gładko walcowane. Żłom żelaza powinien mieć złożę jednostajne, pełne, bez śladów próżni. Żelazo nie powinno być kruche na gorąco, ani na zimno. Zawartość siarki i krzemu jest niedopuszczalna.

### § 4. Wymiary, kształty żelaza i waga.

1. W przejściowym okresie dopóki dla Państwa Polskiego nie ma ustalonych obowiązujących kształtów i wymiarów dla żelaza walcowanego, należy przy zamówieniach i dostawach oznaczać normy obowiązujące w Państwach obcych, którym odpowiada żelazo zamawiane lub dostarczane.

3. Wagę żelaza według wymiarów, można przyjąć na 1 m<sup>3</sup>:

dla żelaza zlewego i stali . . . . . 7850 kg./m<sup>3</sup>.

dla żelaza spawanego . . . . . 7800 kg./m<sup>3</sup>.

Wagę żelaza przy dostawach należy oznaczać zasadniczo według ciężaru rzeczywistego, na podstawie protokołu ważenia konstrukcji.

W tym ostatnim wypadku należy przyjąć jako dopuszczalną różnicę między ciężarem obliczonym a wynikłym z ważenia, jak następuje:

a — dla żelaza zlewego, względnie stali zlewnej,  
max. + 4%, min. — 3%.

b — dla żelaza lanego względnie stali lanej  
max. + 5%, min. — 3%.

### § 5. Próby żelaza i „Świadectwo jakości żelaza“.

1. Dla żelaza z każdego naboju pieca i dla żelaza każdej sęri walcowania powinny być przeprowadzone w hucie próby wytrzymałości i na podstawie otrzymanych wyników spisane „Świadectwo jakości żelaza“.

2. Ilość próbek ma odpowiadać ciężarowi żelaza wywalcowanego tak ażeby na każdym 3000 kg. zaczętych przypadła jedna próbka.

3. W razie jeżeli wyniki otrzymane na jednej z próbek nie odpowiadają warunkom wytrzymałości, to należy zrobić dwie dodatkowe próby z żelaza tej samej produkcji i tego samego walcowania.

4. Gdyby z tych dodatkowych 2-ch próbek jedna znowu nie odpowiadała warunkom wytrzymałości to należy cały badany nabój odrzucić.

5. Zwierzchnia władza budowlana może, zwłaszcza przy ważniejszych budowlach zarządzać wykonanie kontrolnej próby żelaza bądź to na miejscu w hucie, przy udziale swojego delegata, bądź to w innym zakładzie do tego rządowo upoważnionym.

6. Świadectwo jakości żelaza (spisane według ust. I bieżącego §) powinno podawać;

a — nazwę i miejscowość zakładu, który próbę żelaza przeprowadza, oraz datę przeprowadzenia próby.

b — nazwisko obecnych przy próbie;

c — godło i miejscowość huty, która żelazo wyprodukowała;

d — opis żelaza, z którego próbki zostały wzięte, a to w myśl poprzednich §§;

e — opis przeprowadzenia próby;

f — wyniki próby.

Świadectwo powinno być podpisane przez kierownika zakładu i dwóch świadków obecnych przy próbie.

### § 6. Przeprowadzenie prób żelaza.

1. Do przeprowadzenia prób żelaza należy wyciąć próbki i tak: przy kształtownikach — w kierunku walcowania, przy blachach zaś i wstęgach, mających w konstrukcji

pracować w dwóch kierunkach, należy wyciąć jedną próbkę w kierunku  $\nabla$ walcowania, a drugą w kierunku prostopadłym do walcowania.

2. Dalsza obróbka próbek ma się ograniczyć do wyrobienia niezbędnie potrzebnego kształtu bez ogrzewania żelaza, kucia młotem lub podobnych działań, zmniejszających wytrzymałość.

3. Prostowanie żelaza przeznaczonego na próbki winno się odbywać tylko ciśnieniem w odpowiedniej maszynie i bez ogrzewania.

4. Próbki nieodpowiednio obrobione lub z widocznym błędem w materiale nie mogą służyć do oznaczenia wytrzymałości.

5. Temperatura przy próbach powinna być wyższa od  $+10^{\circ}\text{C}$ , a niższą od  $+30^{\circ}\text{C}$ .

## § 7. Badanie wytrzymałości na rozerwanie

1. Próbki przeznaczone na rozerwanie mogą być płaskie albo okrągłe. Szersze powierzchnie przekroju mają zostać nieobronione, a szerokość ich należy tak dobrać, ażeby przekrój próbki wynosił — 2 — 6  $\text{cm}^2$ .

2. W celu rozerwania należy końce próbki utwierdzić w maszynie próbnej w taki sposób, ażeby kierunek sił ciągnących wpadał w oś próbki.

3. Natężenie sił rozrywających powinno wzrastać powoli i równomiernie.

4. Wydłużenie jednostkowe należy mierzyć na długości równej drugiemu pierwiastkowi z 80 krotnej powierzchni przekroju w środku długości próbki.

5. W razie jeżeli próbka przerwie się poza środkową trzecią częścią swojej długości, to wyniki próby należy unieważnić i zastąpić inną.

6. Wytrzymałość na rozerwanie winna być dla żelaza zlewnego równa lub większa od 3700  $\text{kg}$ ., a mniejsza lub najwyżej równa 4500  $\text{kg/cm}^2$ ., przyczem wydłużenie musi być tak wielkie, ażeby iloczyn z wytrzymałości (w tonach na  $\text{cm}^2$ .) i wydłużenia (w  $\%$ ) dla próbek wyciętych w kierunku walcowania wynosił co najmniej 100, dla próbek zaś wyciętych prostopadle do kierunku walcowania co najmniej 90.

### § 8. Badanie na zginanie.

1. Próbkę na zginanie należy wyciąć z dźwigara (kształtownika w kształcie paska 30 do 50 mm. szerokiego, a 400 mm. długiego).

Ostre krawędzie w kierunku podłużnym powstałe przy wycinaniu, należy zrównać pilnikiem.

2. Próbkę należy zginać za pomocą odpowiedniej prasy lub innego celowego urządzenia, w taki sposób ażeby wygięcie zataczało łuk koła o średnicy równej grubości próbki, przy próbkach wyciętych w kierunku walcowania, a dwa razy większej od grubości próbki, przy próbkach, wyciętych prostopadle do walcowania.

3. Kąt odgięcia ma osiągnąć 150 stopni przy zginaniu na zimno i 180 stopni przy zginaniu na gorąco, a żelazo nie powinno się nigdzie przerwać na stronie ciągniętej.

4. Próby z nadcięciem należy wykonać w sposób następujący: próbkę na całej szerokości nadcina się ostrem dłutem do głębokości 1 mm. Taka próbka zginana około pręta o średnicy 5-krotnej grubości próbki, nie powinna okazać żadnych rys., dopóki kąt odgięcia nie wyniesie:

90° dla materiału o wytrzymałości . 4500 kg./cm<sup>2</sup>.

120° „ „ „ „ . 4000 kg./cm<sup>2</sup>.

150° „ „ „ „ . 3600 kg./cm<sup>2</sup>.

5. Próbkę rozżarzoną do czerwoności i zgiętą wzdłuż ostrej krawędzi, a następnie zupełnie sklepaną młotem, nie śmiało okazać żadnych rys.

### § 9. Badanie żelaza okrągłego na nity.

1. Zgodnie z § 7.

2. Próbkę żelaza okrągłego na nity należy pozostawić z naskórką nawalcowaną, bez żadnego obrobienia.

3. Zgodnie z § 8.

4. Próbkę należy nawinąć na wałek o średnicy równej średnicy próbki.

Przy drugiej próbce należy wykuć na zimno płaską główkę o średnicy równej półtorakrotnej średnicy próbki. Tak przy jednej jak i przy drugiej próbce nie powinny okazać się żadne ślady rozerwania.



**B. Żelazo wzmacniające w zespołach betonowych.****§ 10. Rodzaj żelaza**

Żelazo wzmacniające powinno być walcowane z reguły z żelaza zlewego, a w szczególnych wypadkach ze stali zlewnej.

**§ 11. Jakość żelaza.**

Powierzchnie walcowane powinny być gładkie, a złom powinien wykazywać złoże jednostajne, pełne, bez śladów próżni.

**§ 12. Wymiary i kształty żelaza i waga.**

1. Żelazo wzmacniające może mieć przekrój prostokątny, wieloboczny lub kołowy, powierzchnie płaskie lub karbowanie a największe wymiary przekroju w jakimkolwiek kierunku nie powinny przekraczać 50 mm.

2. Żelazo dostarczane według ściśle oznaczonych wymiarów, może się różnić:

co do długości o  $\pm 10$  mm.

co do przekroju o  $-2\%$

co do wagi o  $-+5\%$  i  $-2\%$ .

**§ 13. Próby żelaza i „Świadectwo jakości żelaza“.**

Zgodne z § 5

**§ 14. Przeprowadzenie prób żelaza.**

1. Próbkę należy odciąć z całego kawałka i poddać próbie bez żadnego obrabiania, więc z pozostawieniem naskórka wywalcowanego.

2. Dalsze przepisy obowiązują ustępy 3, 4 i 5 z § 6.

**§ 15. Badanie wytrzymałości na rozerwanie.**

1. Utwierdzenie końców próbki w maszynie powinno być takie, ażeby kierunek działania sił rozrywających wpadał w oś próbki.

Natężenie sił ciągnących powinno wzrastać powoli i jednostajnie.

2. Wydłużenie jednostkowe należy mierzyć na długości równej drugiemu pierwiastkowi z 80-krotnej powierzchni przekroju poprzecznego próbki.

3. W razie jeżeli próbka przerwie się po za środkową trzecią częścią swojej długości, to wynik tej próby należy unieważnić i przeprowadzić dodatkową próbę.

4 Wytrzymałość na rozerwanie powinna wynosić

a — porównaj § 7 ust. 6;

b — dla stali zlewnej najmniej 4500 kg./cm.<sup>2</sup> przy wydłużeniu jednostkowym najmniej 25%;

c — granica ciastowości powinna wynosić co najmniej — dla żelaza zlewne . . 2250 kg./cm.<sup>2</sup>.

dla stali zlewnej . . 3000 kg./cm.<sup>2</sup>.

### § 16. Wytrzymałość na zginanie.

Próbki żelaza należy nawinąć na wałek o średnicy równej 2-krotnemu najmniejszemu wymiarowi przekroju próbki.

Przytem na stronie ciągniętej nie mogą się pokazać żadne ślady rozerwania żelaza.

## TABELA № 69.

Spółczynniki zmniejszające  $\beta$  na wyboczenie wedle Tetmayer'a i Jasińskiego.

### a. Żelazo zlewne.

| L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| 5     | 0,872   | 40    | 0,735   | 75    | 0,599   | 110   | 0,462   | 150   | 0,249   |
| 10    | 0,852   | 45    | 0,716   | 80    | 0,579   | 115   | 0,423   | 155   | 0,233   |
| 15    | 0,833   | 50    | 0,696   | 85    | 0,559   | 120   | 0,389   | 160   | 0,218   |
| 20    | 0,813   | 55    | 0,677   | 90    | 0,540   | 125   | 0,358   | 165   | 0,206   |
| 25    | 0,794   | 60    | 0,657   | 95    | 0,521   | 130   | 0,331   | 170   | 0,194   |
| 30    | 0,774   | 65    | 0,638   | 100   | 0,501   | 135   | 0,307   | 175   | 0,183   |
| 35    | 0,755   | 70    | 0,618   | 105   | 0,482   | 140   | 0,286   | 180   | 0,173   |
|       |         |       |         |       |         | 145   | 0,266   | 185   | 0,164   |

## b. Żelazo spawane.

| L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ | L : i | $\beta$ |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| 5     | 0,945   | 40    | 0,781   | 75    | 0,616   | 110   | 0,451   | 145   | 0,268   |
| 10    | 0,927   | 45    | 0,757   | 80    | 0,592   | 115   | 0,427   | 150   | 0,251   |
| 15    | 0,898   | 50    | 0,733   | 85    | 0,569   | 120   | 0,392   | 155   | 0,235   |
| 20    | 0,875   | 55    | 0,710   | 90    | 0,545   | 125   | 0,361   | 160   | 0,220   |
| 25    | 0,851   | 60    | 0,686   | 95    | 0,521   | 130   | 0,334   | 165   | 0,207   |
| 30    | 0,827   | 65    | 0,662   | 100   | 0,498   | 135   | 0,309   | 170   | 0,195   |
| 35    | 0,804   | 70    | 0,639   | 105   | 0,474   | 140   | 0,288   | 175   | 0,184   |

## c. Żeliwo (żelazo lane).

|    |       |    |       |     |       |     |       |     |       |
|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 5  | 0,897 | 45 | 0,429 | 85  | 0,171 | 125 | 0,079 | 165 | 0,045 |
| 10 | 0,827 | 50 | 0,386 | 90  | 0,151 | 130 | 0,073 | 170 | 0,043 |
| 15 | 0,760 | 55 | 0,345 | 95  | 0,137 | 135 | 0,068 | 175 | 0,040 |
| 20 | 0,697 | 60 | 0,309 | 100 | 0,123 | 140 | 0,063 | 180 | 0,038 |
| 25 | 0,636 | 65 | 0,275 | 105 | 0,112 | 145 | 0,059 | 185 | 0,036 |
| 30 | 0,580 | 70 | 0,245 | 110 | 0,102 | 150 | 0,055 | 190 | 0,034 |
| 35 | 0,526 | 75 | 0,218 | 115 | 0,093 | 155 | 0,051 | 195 | 0,032 |
| 40 | 0,476 | 80 | 0,194 | 120 | 0,086 | 160 | 0,048 | 200 | 0,031 |

## d. Drzewo.

|    |       |    |       |     |       |     |       |     |       |
|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 10 | 0,979 | 45 | 0,736 | 80  | 0,493 | 115 | 0,268 | 150 | 0,157 |
| 15 | 0,943 | 50 | 0,700 | 85  | 0,457 | 120 | 0,246 | 155 | 0,146 |
| 20 | 0,907 | 55 | 0,664 | 90  | 0,421 | 125 | 0,225 | 160 | 0,136 |
| 25 | 0,871 | 60 | 0,632 | 95  | 0,387 | 130 | 0,207 | 165 | 0,129 |
| 30 | 0,839 | 65 | 0,596 | 100 | 0,353 | 135 | 0,193 | 170 | 0,121 |
| 35 | 0,804 | 70 | 0,561 | 105 | 0,321 | 140 | 0,179 | 175 | 0,114 |
| 40 | 0,771 | 75 | 0,525 | 110 | 0,293 | 145 | 0,168 | 180 | 0,107 |

## DODATEK № 3.

**Przepisy dla obliczeń i budowy ustrojów żelbetowych** byłego rosyjskiego zarządu wojskowo-inżynieryjnego, opracowane komisyjnie przez profesorów Mikołajewskiej inżynieryjnej akademiji w Piotrogradzie.

### I. Obliczenie.

#### § 1. Siły zewnętrzne.

**A. Ciężar własny:** przy obliczeniach statycznych konstrukcji żelbetowych należy przyjąć wagę  $1 \text{ m}^3$ . betonu = 2200 kg. i wagę  $1 \text{ m}^3$ . żelbetonu, zawierającego żelaza wzmacniającego nie więcej 5% — 2400 kg. Jeżeli materiały te zostały bezpośrednio zważone, to do obliczenia wprowadza się wagę rzeczywistą.

### B. Obciążenia.

1. W wypadkach, kiedy obciążenia nie mogą być określone bezpośrednio, przyjmują następujące normalne obciążenia:

a — dla budowli zwykłych i przy warunkach zwyczajnych, parcie wiatru należy przyjmować =  $150 \text{ kg./m}^2$ . powierzchni normalnej do kierunku działania wiatru.

b — Przy obliczeniach mostów kolejowych, majaków i t. p. budowlach postawionych odosobiono i nie obciążonych ciężarem ruchomym, parcie wiatru należy przyjmować =  $250 \text{ kg./m}^2$ .

c — Parcie wiatru na powierzchnię tworzącą z kierunkiem działania wiatru kąt  $\alpha$ , należy przyjmować =  $150 \sin \alpha \text{ kg./m}^2$ . lub  $250 \sin \alpha \text{ kg./m}^2$ . i liczyć że wiatr działa prostopadle do tej powierzchni. Kierunek działania wiatru przyjmuje się jako poziomy lub tworzący kąt  $\alpha = 10^\circ$  do poziomu.

d — Obciążenie od śniegu należy przyjmować =  $100 \text{ kg./m}^2$ . rzutu poziomego powierzchni obciążonej śniegiem.

e — Obciążenie od tłumu ludzi należy przyjmować:  
na poddaszu w domach mieszkalnych . . .  $150 \text{ kg./m}^2$ .  
w mieszkaniach . . . . .  $250 \text{ kg./m}^2$ .  
w szkołach, koszarach, fabrykach . . .  $300 \text{ kg./m}^2$ .

w salach koncertowych i gimnastycznych  $400 \text{ kg./m}^2$ .

w salach do tańców i kościołach . . .  $500 \text{ kg./m}^2$ .

f — Obciążenie mostów, które winny być wybudowane odpowiednio do przepisów Min. Komunikacji, należy obliczać zgodnie z przepisami tego ministerstwa.

k. — Mosty do użytku publicznego na drogach kołowych i pieszych zależnie od ciężaru wozów dzielą się na 5 klas, a mianowicie:

1. Mosty do ruchu ciężarowego ciężkiego.
2. „ „ „ „ „ średniej wagi.
3. „ „ „ „ „ lekkiego.
4. Mosty tymczasowe.
5. Mosty piesze.

Przy obliczeniach mostów obciążenie przyjmuje się od wozów lub tłumy ludzi.

Wozy dzielą się na 4 typy;

1 — wóz 22 tonny wagi.

2 — walec parowy 15 t. wagi.

3 — wóz 10 t. wagi.

4 — wóz 5 t. wagi.

Obliczenie każdej poszczególnej części mostu winno być przeprowadzone dla najniekorzystniejszych warunków pracy mostu, a mianowicie obciążając most: 1 — tylko pojazdami wozów, 2 — pojazdami wozów i tłumem ludzi w częściach niezajętych przez wozy i 3 — wyłącznie tłumem ludzi.

W wypadkach obliczeń bez wozów, tłum ludzi na jezdni i chodnikach przyjmuje się  $= 530 \text{ kg./m}^2$ . przy jednoczesnem obciążeniu wozami i tłumem ludzi przyjmuje się tłum ludzi  $= 440 \text{ kg./m}^2$ , dla obliczenia dźwigarów głównych tłum ludzi przyjmuje się  $= 440 \text{ kg./m}^2$ , za wyjątkiem mostów pieszych, które obliczają się na obciążenie  $530 \text{ kg./m}^2$ . Obliczenie mostów dla ruchu ciężarowego ciężkiego należy przeprowadzać, obciążając most wozem w 22 t. bez zaprzęgu i tłumem ludzi naokoło wozu  $= 440 \text{ kg./m}^2$ .

należy przeprowadzać obciążając most wozem w 22 t. bez zaprzęgu i tłumem ludzi na około wozu =  $440 \text{ kg./m}^2$ .

Przy ruchu tramwajowym, obliczenie przeprowadza się obciążając most pojazdami wozów 22 t. bez zaprzęgów, ustawianych bez przerwy, wzdłuż każdego toru tramwajowego i tłumem ludzi, na częściach jezdni niezajętych wozami i na chodnikach.

Obliczenie mostów 2 klasy przeprowadza się obciążając most jednym wozem 10 t. bez zaprzęgu i tłumem ludzi; obliczenie tych mostów winno być sprawdzone powtórным obliczeniem na obciążenie walcem 15 t. bez dodatku jakiego bądź jeszcze obciążenia.

Obliczenie mostów klasy 3 i 4 należy przeprowadzać obciążając ich wozem 5 t. i tłumem ludzi.

Przy rozmieszczeniu na szerokości mostu kilku wozów, odległość pomiędzy wozami winna być = 0,2 m., przy obciążeniu mostu wozami i tłumem, tłum ludzi dotyka bezpośrednio wozów (rys. wozów str. 177 i 178).

Obliczenie mostów pieszych przeprowadza się przez obciążenie mostu tłumem ludzi =  $530 \text{ kg./m}^2$ .

2. Przy obliczeniach, obciążenie ruchome należy pomnożyć przez współczynnik  $\lambda$ , określający wpływy działań dynamicznych.

Przy obliczeniach sklepień fortyfikacyjnych, przez ten współczynnik winna być pomnożona całość ciężaru położonego powyżej sklepienia.

a. Dla parcia wiatru, obciążenia śniegiem i innych obciążeń nie wyzywających wstrząśnięć, współczynnik  $\lambda = 1$ .

b. Przy obciążeniach wyzywających wstrząśnienia, jakto: w salach do tańców, salach koszarowych, fabrycznych i t. p., a także dla sklepień fortyfikacyjnych  $\lambda = 1,5$ .

c. Dla mostów:

$$1. \text{ dla dróg kołowych } \lambda = 1 + \frac{10}{20 + l}$$

$$2. \text{ kolejowych } \lambda = 1 + \frac{15}{20 + l}$$

gdzie  $l$  — długość obciążonej części mostu w m.

3. Wielkości momentów przy zginaniu i odporów podpór określają się według zasad statyki budowlanej stosownie do konstrukcji budowy.

## § 2 Obliczenie

1. Obliczenie żelbetowych konstrukcji przeprowadza się na podstawie następujących przypuszczeń:

a. Natężenia wewnętrzne w betonie zmieniają się proporcjonalnie do odległości do osi obojętnej, co wyraża się linią prostą dla całej wysokości przekroju poprzecznego.

b. Odształcenia żelaza i dotykającego go betonu są jednakowe.

c. Spółczynniki sprężystości betonu na rozciąganie i ściskanie są stałe i jednakowe. Stosunek współczynników sprężystości żelaza i betonu  $n = 15$ .

d. Natężenia ściskające przejmuje na się beton (a także i żelazo, o ile znajduje się w części ściskanej przekroju); natężenia zaś rozciągające przejmuje wyłącznie żelazo.

2. Natężenia ścinające i natężenia zczepności żelaza z betonem określają się wspólnie, stosownie do wyżej wskazanych przypuszczeń. Natężenia przecinające, w pewnych granicach, przejmuje na się beton (patrz § 3), zbytek zaś natężenia, przekraczający powyższą granicę winien być przejęty przez pomocnicze wzmocnienie żelazne.

3. Części, pracujące na ściskanie, w razie jeżeli długość ich przekracza dziesięciokrotny najmniejszy wymiar poprzeczny, winne być sprawdzone obliczeniem na wyboczenie. Współczynnik zmniejszenia natężenia dozwolonego przy ścisaniu jednostajnym określa się według wzoru:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,0001 \left( \frac{l}{r} \right)^2}, \text{ gdzie } l - \text{długość części ściskanej,}$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{\omega}} - \text{najmniejszy promień bezwładności } J - \text{naj-}$$

niejszy moment bezwładności brutto,  $\omega$  — pole przekroju poprzecznego brutto.

Odległość pomiędzy ściągnicami poprzecznymi (strzemionami) podłużnego wzmocnienia w częściach ściskanych nie powinna przekraczać 30-krotnej grubości najmniejszego wymiaru poprzecznego żelaza i być nie większą od najmniejszego wymiaru poprzecznego części ściskanej.

4. W częściach ściskanych posiadających wzmocnienie uzwojone, sprowadzone (zastępcze) pole przekroju przyjmuje się równym:

$$f = f_0 + 15 f_z + 30 f_u, \text{ gdzie}$$

$f_0$  — całkowite pole przekroju betonu.

$f_z$  — pole przekroju wzmocnienia podłużnego

$f_u$  — pole przekroju urojonego wzmocnienia podłużnego, które otrzyma się, jeżeli uzbrojenie uzwojone, nie zmieniając jego wymiarów, przerobić na wzmocnienie podłużne (str. 342).

Skok wzmocnienia uzwojonego nie powinien przekraczać  $\frac{1}{6}$  najmniejszego wymiaru poprzecznego części ściskanej.

W każdym bądź razie wprowadzone do obliczenia pole sprowadzone (zamienne)  $f$  nie powinno być większym od  $2 f_0$ .

5 a. Przy obliczeniach belek i stropów płaskich, nie osadzonych, za rozpiętość teoretyczną przyjmuje się rozpiętość w świetle powiększoną o 10% lub odległość pomiędzy osiami opór.

b. W belkach o końcach osadzonych rozpiętość teoretyczna przyjmuje się równą rozpiętości w świetle, powiększonej o 10%.

c. Przy belkach wieloprzęsłowych rozpiętość teoretyczna przyjmuje się = oddaleniu pomiędzy środkami opor.

d. Belki mocno osadzone końcami, nieporuszalność których jest gwarantowana, obliczają przy pełnym równostajnie rozłożonym obciążeniu na największy moment przy zginaniu.

e. Przy obliczeniach stropów wieloprzęsłowych o równych przęsłach moment zginania przyjmuje się: nad

oporą nie mniejszy niż  $\frac{p l^2}{8}$ , a dla środka rozpiętości nie



mniejszy niż  $\frac{pl^2}{10}$ . Belki wieloprzęsłowe lub stropy płaskie,

mogą być dopuszczone li tylko przy wszystkich oporach nieruchomych, albo przy wszystkich oporach sprężystych, zabrania się używać belki wieloprzęsłowe (ciągłe) przy jednoczesnem zastosowaniu opór nieruchomych i sprężystych.

f. Przy obliczeniu stropów żebrowych do obliczenia belki (teownika) wprowadza się część płaskiego stropu, lecz szerokość takiej belki teoretycznej nie powinna przekraczać  $\frac{1}{3}$  rozpiętości belki i być nie większą 10-krotnej grubości płyty stropu.

g. Przy obliczeniu płyt, swobodnie położonych i opartych po obwodzie, największy moment przy zginaniu określa się według wzoru:

$$M = \frac{pl^2}{8} \cdot \frac{L^4}{L^4 + l^4} \text{ gdzie } L - \text{największa, a } l \text{ najmniejsza}$$

rozpiętość teoretyczna.

h. Przy obliczeniu płyt umocowanych naokoło obwodu, we wzorze powyższym należy „8” zamienić przez „16”.

i. Grubość stropów płaskich nie powinna być mniejszą niż 8 cm.

j. Wzmocnienie żelazne winno być pokryte betonem w płytach nie mniej 1 cm. grubo, a w belkach nie mniej 2 cm. grubo.

k. Pole przekroju wzmocnienia podłużnego powinno wynosić, w stosunku do pola przekroju poprzecznego betonu nie mniej 0,8% i nie więcej 2%.

6. Obliczenie sklepień fortyfikacyjnych oraz ich opór wykonywa się uwzględniając całkowite obciążenie faktyczne; dynamiczny wpływ uderzeń pocisków uwzględnia się wprowadzeniem współczynnika  $\lambda$ . Grubość sklepień winna być nie mniejszą od określonej w przepisach dla stropów w schroniskach fortecznych.

Przy określeniu natężeń w sklepieniach, obliczenie ich przeprowadza się albo jak systemu twardych klinów sztywnego ciała (teoria równowagi), albo jak ciała sprężystego (odkształcenie ciał sprężystych). W ostatnim przy-

padku należy przyjąć pod uwagę możliwość przemieszczania się opór.

### § 3. Natężenia dozwolone.

1. Natężenia dozwolone dla betonu nie powinny przekraczać następujących granic (kg./cm.<sup>2</sup>):

| W BETONIE                       | Stropy w budynkach zabezpieczone od działania mrozu |       |       | Mosty i budynki nie zabezpieczone od mrozu lub poddane rujnującemu wpływowi gazów lub płynów |       |       |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                                 | Przy składzie betonu według objętości               |       |       |                                                                                              |       |       |
|                                 | 1:1½:2                                              | 1:2:3 | 1:2:4 | 1:1½:2                                                                                       | 1:2:3 | 1:2:4 |
| Na ściskanie przy zgnaniu . . . | 35                                                  | 30    | 25    | 30                                                                                           | 25    | 20    |
| Na ściskanie jednostajne . . .  | 30                                                  | 25    | 20    | 25                                                                                           | 20    | 15    |
| Na rozciąganie .                | 3                                                   | 2,5   | 2     | 2,5                                                                                          | 2     | 1,5   |
| Na przecinanie .                | 4,5                                                 | 4     | 3,5   | 4                                                                                            | 3,5   | 3     |
| Na zczepność betonu i żelaza .  | 4,5                                                 | 4     | 3,5   | 4                                                                                            | 3,5   | 3     |

Wytrzymałości betonów innych składów można otrzymać przy pomocy interpolacji.

2. Natężenia dozwolone w żelazie winne nie przekraczać niżej podanych norm:

| W ŻELAZIE                            | W stropach budynków       | W mostach                                                              |
|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Na rozciąganie i ściskanie . . . . . | 1000 kg./cm. <sup>2</sup> | (800+3l) lecz nie więcej 1000 kg./cm. <sup>2</sup> ; l - rozpiętość m. |
| Na przecinanie . . . .               | 600 kg./cm. <sup>2</sup>  | 600 kg./cm. <sup>2</sup>                                               |

Przy budowlach niewielkich kiedy żelazo nie może być, spowodu kosztów, wypróbowane na rozerwanie, natężenia dozwolone w żelazie przyjmują 75% od wyżej podanych.

## **II. Wykonanie.**

### **§ 4. Zestawienie projektu.**

1. Projekt budowli winien się składać z rysunków, przedstawiających widok ogólny budowli oraz widok poszczególnych jej części, a także notatki objaśniającej i obliczenia.

2. Wszystkie rysunki winny wykonywać się w skali dostatecznie wielkiej, aby ustrój poszczególnych części budowli oraz ułożenie żelaza wzmocniającego, byłyby najzupełniej zrozumiałe. Wymiary wszystkich obliczonych części winne być pokazane.

3. Notatka objaśniająca powinna zawierać: obliczenia wszystkich części budowli, wykaz obciążeń przyjętych przy obliczeniu, sposób obliczenia i natężenia dozwolone.

Prócz tego winna ona zawierać: opisanie najwięcej odpowiedzialnych części, rysunki rusztowania i deskowania, wskazówki co do porządku i sposobu prowadzenia robót oraz terminu zdjęcia deskowania.

4. Projekt musi być stwierdzony podpisem osoby mającej prawo podpisywania projektu i prowadzenia robót budowlanych.

### **§ 5 Wykonanie robót.**

#### **a. Materiały oraz ich użycie.**

1. Żelazo do robót żelbetowych, do czasu opracowania przepisów przez Główny Zarząd Inżynieryjny, winno odpowiadać normom Ministerjum Komunikacji.

W razie, jeżeli przeprowadzenie prób na rozerwanie jest niemożliwe zezwala się, przy budowlach niewielkich, ograniczyć się próbą kowalską, na gorąco i na zimno, oraz hartowaniem według norm Min. Komun., w tym przypadku natężenia dozwolone przyjmują nie więcej 75% od norm ustalonych powyżej.

Żelazo winno być oczyszczone od brudu, tłuszczu i opadającej rdzy. Końce prętów żelaznych należy zagi-

nać lub umocowywać w betonie w jaki bądź inny sposób, dla uniemożliwienia przesuwania się żelaza w betonie.

Zetknięcie prętów żelaznych wzmocnienia podłużnego, mogą być wykonane zapomocą spawania lub położenia stykających się końców „na splot” t. j. jeden pręt powinien zachodzić za drugi na 35—30 średnic prętów,

Ilość zetkni winna być jaknajmniejsza i przytem winne być one rozmieszczone w przekrojach najbezpieczniejszych. Ustrój wzmocnienia żelaznego powinien ściśle odpowiadać projektu i zabezpieczać najzupełniej obieganie żelaza przez beton.

Najmniejsza grubość betonu, przykrywającego w odpowiedzialnych miejscach budowli wzmocnienie żelazne powinna być nie mniej 2 cm, w częściach zaś drugorzędnych nie mniej 1 cm.

Odległość pomiędzy prętami, a także odległość skrajnych prętów od ścianek deskowania powinna dopuszczać szczelne zapelnienie przez beton.

2. Cement używać wyłącznie portlandzki, odpowiadający warunkom technicznym dla portl.-cementu.

3. Piasek winien być kwarcowy lub inny — czysty, nie zawierać składników organicznych oraz ziemi, w przeciwnym wypadku należy go dobrze przepłukać. Wszystkie ziarenka piasku powinny przechodzić przez sito o otworach 5 mm.; na sicie o 900 otworach na 1 cm<sup>2</sup>. przy grubości drutu w 0,1 mm. powinno zostawać nie mniej 95 % piasku.

4. Żwir i szaber powinny pochodzić z mocnych pokładów, naprz. kwarcowych lub równej im mocy i być najzupełniej czystymi, w przeciwnym zaś razie niezbędnem jest ich płukanie.

Kamyki żwiru i szabru nie powinny przechodzić przez sito o otworach 5-cio mm.; największy wymiar kamyków szabru i żwiru w każdym poszczególnym wypadku określa się osobno, przytem winno być zapewnione swobodne rozmieszczenie się kamyków pomiędzy prętami uzbrojenia, oraz pomiędzy uzbrojeniem a ściankami deskowania.

W razie wątpliwości co do mocy kamienia, należy wypróbować go na zgniecenie i zamrożenie, przytem wytrzymałość nietrwała nie powinna być mniejsza 400 kg./cm<sup>2</sup>, a próbki winne wytrzymywać 25 zamarzań.

5. Skład betonu w każdym poszczególnym wypadku określa się w zależności od jakości i własności materiałów oraz natężeń dozwolonych. Najszczuplejszy skład betonu do robót żelbetowych jest 1:2:4.

Ilość cementu należy określać (w kosztorysie i na robotach) w jednostkach na wagę, wychodząc: przytem z założenia, że 1 m<sup>3</sup>. cementu wysypanego do skrzyni, wprost z beczki waży 145 kg.

## T A B E L A.

Ilości składników na 1 m<sup>3</sup>. muru żelbetowego.

| SKŁAD BETONU                    | 1:1 1/2:2 | 1:2:3 | 1:2:4 |
|---------------------------------|-----------|-------|-------|
| Cementu kg . . . .              | 474,5     | 351   | 314   |
| Piasku m <sup>3</sup> . . . . . | 0,50      | 0,50  | 0,44  |
| Szabru m <sup>3</sup> . . . .   | 0,64      | 0,71  | 0,85  |

Przy wyrobieniu betonu sposobem ręcznym, żeby otrzymać możliwie jednostajną mieszaninę, z początku należy dobrze zmieszać na sucho rozproszony cement z piaskiem, a dopiero potem zmieszać odpowiednie objętości tej suchej mieszaniny z przepłukanym żwirem lub szabrem.

Przy warunkach normalnych, pozwalających zastosowanie mocnego ubijania betonu, użyta do betonu ilość wody powinna być taką, aby gotowy beton, zaciśnięty w rękę trzymał się bryłką i nie pozostawiał na rękę zaprawy cementowej (nie brudził ręki).

W czasie roboty beton nanosi się warstwą tak grubą by po ukończeniu ubijania warstwa była nie grubsza 15 cm.

7. Przy robotach żelbetowych w miejscach gdzie pręty żelazne są wygięte, silne ubijanie betonu, konieczne przy normalnej ilości wody, stanowi się szkodliwym, ponieważ uderzenia ubijaków trafiając w podniesione odgięte części prętów wywołują silne wstrząśnienia co powoduje oddzielenie się od betonu niżej położonych części prętów.

Prócz tego przy gęstym ułożeniu podłużnej i poprzecznej armatury, sama robota ubijania jest bardzo

utrudniona, dla tego w wymienionych wypadkach dopuszcza się użycie t. zw. betonu „plastycznego“, zawierającego zbytek wody, co nadaje składnikom betonu znacznie większą ruchliwość niż w betonie zwykłym.

Wskutek tej płynności „plastycznego betonu“ przy zastosowaniu go, szczelne zapelnienie wszystkich przestrzeni pomiędzy prętów wzmocnienia żelaznego osiąga się stosunkowo słabym ubijaniem.

8. Beton winien być zużyty do roboty w ciągu 1 godziny od czasu przygotowania.

Należy, o ile to jest możliwem, unikać przerw przy wykonaniu każdej oddzielnej części budowli. Przystępując do roboty po przerwie, należy przed układaniem nowego betonu, powierzchnię starego betonu zrobić chropowatą następnie dobrze ją oczyścić, wymyć i pokryć zaprawą cementową i dopiero w tedy układać nowy beton. Roboty betonowe należy organizować w ten sposób, żeby one wykonywały się w ciepłą porę roku; wykończenie niewielkich robót zezwala się wykonywać przy temperaturze 0° C.

### **B. Ochrona wykonanych robót.**

9. W ciągu 15 dni po ukończeniu ubijania betonu, należy zastosować środki uprzedzające prędkie wysychanie betonu, a mianowicie należy okrywać zewnętrzne powierzchnie betonu rogożami, słomą, warstwą piasku i t. p. i utrzymywać ich w stanie wilgotnym, polewając wodą. W ciągu tego czasu zabrania się obciążać gotowe części budynku, nie wyłączając nawet chodzenie oddzielnych ludzi.

### **C. Deskowanie, rusztowanie i terminy rozszalowania.**

10. Deskowanie i rusztowanie winno być o tyle mocne, aby w ciągu robót nie wyjawilo się znacznych odkształceń. Koniecznem jest zastosowanie środków przeciw napulchnięciu i deformacji drzewa.

11. Rozszalowywać zezwala się po dostatecznem stężeniu betonu, ale w każdym razie nie wcześniej niż w terminy niżej podane, licząc od dnia ukończenia układania betonu:

- a — przy rozpiętościach do 3 m. — 2 - 3 tygodnie
- b — „ „ od 3 do 6 m. — 1 miesiąc
- c — „ „ większych i kolumny — 1 1/2 mies.

Terminy te są wyznaczone mając na względzie normalne warunki tężenia betonu; przy obliczaniu czasu tężenia należy wyłączać dnie o temperaturze poniżej  $+5^{\circ}\text{C}$ .

12. Rozszalowanie należy przeprowadzać ostrożnie bez uderzeń i wstrząśnięć.

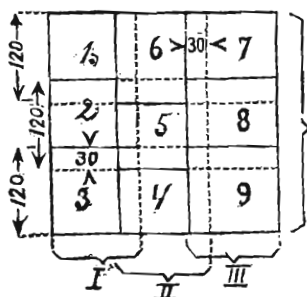
## II. Badanie wytrzymałości.

### 6. Badanie materiałów.

#### A. Przygotowanie prób.

1. Dla przygotowania próbek, — dokładnych sześciątów o wymiarach  $30 \times 30 \times 30\text{ cm.}$ , należy używać formy żelazne.

2. Do ubijania zastosowują normalne ubijaki z podstawą kwadratową  $12 \times 12\text{ cm.}$ , wagi 12 kg. Dla nadania ubijakowi należytego kierunku, przy ubijaniu około ścianek, a także dla przeszkodzenia wysypywaniu się betonu zapelniającego formę, przy ubijaniu, używa się żelazny nadstawek 30 cm. wysoki, dokładnie odpowiadający wewnętrznym wymiarom formy.



Rys. 226.

3. Wyniki badania kostek betonowych na ściskanie pozwalają wnioskować o przydatności i jakości użytych materiałów i odpowiednim składzie betonu.

Próbki winne być zrobione z tych samych materiałów jakie przygotowane do robót.

4. Jeżeli zwykłym ubijaniem betonu nieda się otrzymać w dolnej części próbki

zwartego betonu, to przed napełnieniem formy betonem, na dno formy kładą warstwę zaprawy cementowej 8 mm. grubą. Potrzebną do tego zaprawę można otrzymać przez przesiewanie betonu przez sito mogące odsiać ziarenka 7 mm. wielkie lub przez przyszykowanie zaprawy tego samego składu i z taką ilością wody jak to było zastosowane do przygotowania betonu.

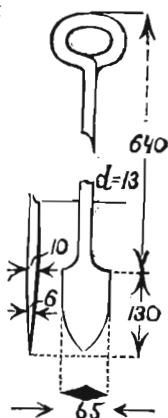
5. Beton układa się w dwie lub trzy warstwy co zależy od wymiarów szabru lub żwiru.

Przy ładowaniu do formy każdej warstwie betonu winna być nadawana taka grubość ażeby po takimże ubijaniu jak przy robotach, warstwa betonu otrzymała ostatecznie wyznaczoną jej grubość. Każda warstwa betonu winna być wyrównana; około ścianek należy usunąć beton normalną łopatką (rys. 227) w celu odsunięcia od ścianek kamyków i załadowania pustek pomiędzy szablą zaprawą. Przed rozpoczęciem ubijania należy beton zrobić więcej zwartym przez wciskanie go ubijakiem.

6. Ubijanie każdej warstwy należy przeprowadzać w trzy rzędy (rys. 226) tak żeby otrzymało się przekrycie na 3 cm. poszczególnych uderzeń ubijakiem (rys. 228).

Dla należytego związania się ułożonych warstw betonu, należy przed układaniem nowej warstwy, powierzchnię ułożonej rozdrapać.

7. Po ukończeniu ubijania i zdjęciu nadstawka, należy zbitego beton



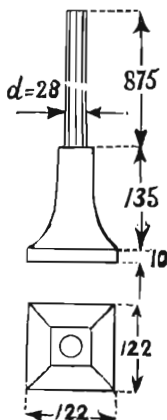
Rys. 227.

usunąć, a powierzchnię ubitego betonu wyrównać na jednej wysokości z brzo-  
gami formy za pomocą linijki stalowej.  
Otrzymane przytem na powierzchni puste  
miejsca wypełniają zaprawą od użytego  
betonu.

## B. Obchodzenie się z próbkami i ich przechowywanie.

8. Próbki przechowywują w po-  
mieszczeniach z temperaturą  $+ 15^{\circ} \text{C.}$   
ukrywając od deszczu, przeciągu i słońca.

Pożądaną jest próbki każdego ga-  
tunku przygotowywać w ilościach możli-  
wie większych; zwykle przygotowują 3  
próbki dla każdego gatunku. Każda prób-  
ka winna posiadać №, dzień przygoto-  
wania winien być odnotowany.



Rys. 228.



9. Próbkę należy zostawić w formach 24 godziny; następnie usunąć 4 bocznych ścianki formy i zostawić próbkę, jeszcze na 24 godziny na dolnej ściance formy lub jeżeli nastąpiło dostateczne stężenie przenieść ją na tej samej ściance do pokoju z temperaturą  $+15^{\circ}\text{C}$  i ostrożnie wyłożyć na warstwę wilgotnego piasku, 10 cm. grubą.

Odległość pomiędzy układanymi próbkami winna być co najmniej 10 cm. i wypełniona piaskiem, następnie próbki także winne być zasypane z wierzchu piaskiem warstwą 10 cm. grubą; w ciągu całego czasu przechowywania próbek, piasek winien być utrzymywany w stanie wilgotnym.

W razie braku miejsca, na tak ułożony rząd próbek można układać następny rząd.

10. W takim stanie próbki przechowywują aż do przeprowadzenia badania na wytrzymałość na ściskanie.

Przy przesyłaniu próbek należy upakowywać je w wilgotne trociny.

W dziennikach przygotowania i przechowywania próbek, należy odnotowywać temperaturę i pogodę.

### C. Badanie wytrzymałości na ściskanie.

11. Czy do projektu i obliczeń został przyjęty odpowiedni skład betonu sprawdza się przez badania na wytrzymałość próbek (kostek  $30 \times 30 \times 30$  cm.) na ściskanie, przytem wytrzymałość nietrwała tych próbek, przygotowanych na miejscu robót, po upływie 28 dni przechowywania w piasku wilgotnym, przy temperaturze  $+15^{\circ}\text{C}$  winna być nie mniejszą:

| SKŁAD BETONU |        |                 | Najmniejsza wytrzymałość nietrwała na ściskanie $\text{kg./cm}^2$ |
|--------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|
| Cement       | Piasek | Żwir lub szaber |                                                                   |
| 1            | 1,5    | 2               | 170                                                               |
| 1            | 2      | 3               | 150                                                               |
| 1            | 2      | 4               | 130                                                               |

12. Za wytrzymałość nietrwałą betonu przyjmuje się średnia arytmetyczna wytrzymałości kostek każdej poszczególnej grupy; wytrzymałość kostki liczy się od momentu wyjawienia się pierwszej szczeliny (grupa zwykle składa się z 3 próbek).

13. W toku robót, pierwsze badanie wytrzymałości próbek na ściskanie przeprowadza się zwykle po upływie 28 dni, następne badania przeprowadzają po upływie 90 dni, 1, 2 i 5 lat, licząc od dnia przygotowania próbek.

14. Ściskanie próbek przy badaniach na wytrzymałość przeprowadza się za pomocą prasy, dokładnie sprawdzonej i zaopatrzonej w specjalne przyrządy (nprz. podwójne manometry i t. p.) notujące natychmiast uszkodzenia.

15. Ściskanie próbki należy prowadzić w kierunku ubijania lub w kierunku prostopadłym. W pierwszym wypadku za 8 dni przed badaniem, powierzchnie próbki wyrównywa się cienką warstwą z zaprawy cementowej składu 1:1.

16. Badania próbek na wytrzymałość przy ścisaniu należy przeprowadzać ściskając próbki w kierunku odpowiadającym największym nateżeniom w betonie w budynku.

### § 7. Obciążenie próbne budowli.

Odbiorca przeprowadza badanie wytrzymałości budynku lub części budynku próbnym obciążeniem:

1. Próbne obciążenie określa się wzorem:

$$P = 1,5 (q + p), \text{ gdzie}$$

$P$  — całkowite obciążenie,

$q$  — obciążenie stałe, uwzględnione przy obliczeniu danej części konstrukcji,

$p$  — obciążenie tymczasowe (przejściowe) uwzględnione przy obliczeniu.

2. Badanie próbnym obciążeniem przeprowadza się nie wcześniej jak po upływie  $1\frac{1}{2}$  miesiąca od dnia ukończenia budynku lub części jego wyznaczonej na opróbowanie; dla większych budowli termin ten powiększa się w dwa razy.

3. Przy badaniu próbnym obciążeniem płyt i belek na zginanie, strzałka sprężystego ugięcia winna być nie większą  $1/600$  rozpiętości.

4. Przy badaniu próbnym obciążeniem sklepienia żelbetowego strzałka ugięcia winna być nie większa  $1/1500$  rozpiętości.

5. Przy próbnym badaniach obciążenie tymczasowe rozmieszczają:

a równostajnie na całym przęśle

b w najniekorzystniejszy sposób dla poddanych badaniu części.

6. Przy badaniach obciążeniem próbnym jest koniecznym żeby ciężary były układane równomiernie, bez uderzeń, przytem winien być zastosowany taki sposób załadowania, który wyłączałby możliwość tarcia o ściany, wyjawienia się w układanych ciężarach sklepień i t. p.

7. Jeżeli badaniu poddana jest część stropu, to szerokość pasa załadowywanego winna być nie mniejsza jak podwójna odległość pomiędzy żebrami.

8. Po zdjęciu obciążenia, po wytrzymaniu budynku pod próbnym obciążeniem w ciągu 24 godzin, pozostające odkształcenie winno być nie większe 30% całkowitego odkształcenia w czasie próby.

9. Wszystkie szczegóły badania i wyniki otrzymane przy badaniach winny być wpisane do protokołu.

---