

**Tunele dla kanałów splawnych.** Przekrój z reguły dla jednej łodzi, o wymiarach dostosowanych do tejże łodzi; dla zmniejszenia oporów ruchu między łodzią, a ścianą tunelu wolna przestrzeń 1,0—1,5 m. Najczęściej tylko jednostronna ścieżka holownicza, przeciętnie 1,0—1,5 m szeroka, umieszczona często dla powiększenia przekroju wody, a więc dla zmniejszenia oporów ruchu na wspornikach. Niweleta pozioma.

**Tunele (sztolnie) dla wody roboczej.** Kształty i wymiary najrozmaitsze. Spadki nie przekraczają naogół 0,003, aby nie wywołać chyżości szkodliwej dla omurowania. Długości rozmaite, często b. znaczne. Kierunek zasadniczo prosty. Obudowa szczelna.

Przy przegradach dolin często spotyka się iszby. To samo prawie da się powiedzieć o tunelach dla wodociągów (tunel Schandacken dla N. Jorku dł. 29 km), kanalizacji, potoków i urządzeń odwadniających.

**Tunele drogowe i uliczne.** Pierwsze bardzo nieliczne, krótkie, o zmniejszonych wymiarach drogi w przekroju poprzecznym. Tunele uliczne dzielą się na górskie i podwodne. Górskie otrzymują zazwyczaj dużą szerokość (do 20 m) dla pomieszczenia jezdni i chodników. Tunele uliczne podwodne przeznaczone bywają albo dla ogólnego ruchu ulicznego albo tylko dla pieszych albo tylko

dla pojazdów. Często dwa równoległe. Obecnie powszechnie budowane metoda rurowania, fig. 74, o zewnętrznej średnicy rury zwykle nie większej nad 10,0 m. Przy nich prócz ramp szyby z wyciągami. Oświetlenie tunelów ulicznych elektryczne; nadto w długich sztuczne przewietrzanie.

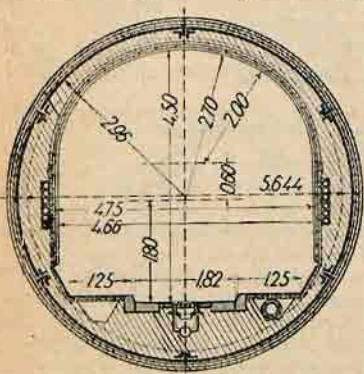


Fig. 74.

## LITERATURA.

- Legouez: De l'emploi du bouclier, Paris 1897.  
 Brunton, Davis and Davies: Modern Tunneling. London 1921.  
 Birk Al.: Der Tunnelbau. Leipzig 1922.  
 Dolezalek: Der Eisenbahntunnel. I. Berlin 1919.  
 Handbuch der Ing.-Wiss.: Tunnelbau. Leipzig 1920.  
 Handbuch für Eisenbetonbau: Tunnelbau, Stadt- und Untergrundbahnen. Berlin 1912.  
 Lucas G.: Der Tunnel. Berlin 1920.

## Drogi.

### I. Ruch na drogach.

1. Ruch pieszy wymaga ze względu na swobodę i bezpieczeństwo na drogach więcej ożywionych wyodrębnienia go od ruchu kołowego na chodnikach lub poboczach.

Obciążenie: ciśnienie (statyczne) stopy człowieka na nawierzchnię drogi 0,3—0,5 kg/cm<sup>2</sup>; dynamiczne (przy uderzaniu stóp o nawierzchnię podczas ruchu) może być kilkakrotnie większe. Jeden człowiek w gęstym tłumie zajmuje powierzchnię 0,3—0,4 m<sup>2</sup>.

Tablica 1. Wymiary wozów.

| Rodzaj wozów                  | Średnica kół<br>w m |         | Szerokość<br>obrotowy<br>kół w cm | Szerokość<br>kolei w m | Odległość<br>osi w m | Długość<br>bez dyzla<br>w m | Szerokość<br>ładunku<br>w m | Wysokość<br>z ładun-<br>kiem w m | Własna<br>waga wozu<br>w t | Ładunek<br>w t | Ciężenie na<br>1 cm szerokości<br>obrotowy wozów<br>w kg |
|-------------------------------|---------------------|---------|-----------------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------|--|
|                               | przednich           | tylnych |                                   |                        |                      |                             |                             |                                  |                            |                |  |
| Lekkie wozy<br>osobowe        | 0,85—1,0            | 1,1—1,4 | 4—5                               | 1,1—1,25               | 1,5—2,0              | 2,5—3,0                     | 1,5—1,7                     | 2,0                              | 0,6—0,7                    | 0,25—0,4       | 50—60  |
| Zwykłe wozy gospo-<br>darskie | 0,9—1,4             | 1,1—1,5 | 6—10                              | 1,1—1,25               | 2,4—3,5              | 3,0—5,0                     | 1,7—2,0                     | 1,6—1,8                          | 0,6—1,0                    | 2,0—2,5        | 100—130  |
| Duże wozy gospo-<br>darskie   | 0,9—1,4             | 1,1—1,5 | 6—10                              | 1,1—1,25               | 3,5—5,2              | 5,0—6,5                     | 2,5—3,5                     | 2,5—4,4                          | 0,8—1,2                    | 2,5—3,5        | 120—150  |
| Dwukonne wozy<br>ciężarowe    | 0,9—1,4             | 1,1—1,5 | 7,5—12                            | 1,2—1,35               | 2,5—3,5              | 3,5—5,0                     | 2,0—3,0                     | 3,0—4,0                          | 1,2—2,0                    | 3,5—5,0        | 150—160  |
| Platformy (pomosty)           | 0,75                | 0,9     | 7,5—10                            | 1,1—1,3                | 2,5—3,0              | 4,0—6,0                     | 1,7—3,0                     | 1,4—2,5                          | 1,0—1,3                    | 2,5—4,0        | 120—150  |
| Czterokonne wozy<br>mehlowe   | 0,75                | 0,9     | 8,5—12                            | 1,3—1,5                | 2,5—4,0              | 5,0—9,0                     | 2,3                         | 3,0—3,4                          | 2,0—2,5                    | 5,0—6,0        | 180—200  |
| Ciężkie wozy cięża-<br>rowe   | 0,9                 | 1,15    | 12—20                             | 1,2—1,5                | 3,0—4,0              | 3,5—6,0                     | 2,0—3,5                     | 3,5                              | 2,5—5,0                    | 6,0—7,0        | 180—200  |



**2. Ruch zwierząt domowych, głównie koni i bydła rogatego.** Rzadziej wymaga wyodrębnienia od ruchu kołowego i przeznaczenia odrębnej części drogi. Obciążenie statyczne 0,6—1,0 kg/cm<sup>2</sup>; dynamiczne może być kilkakrotnie większe.

Przy użyciu energii równej normalnej sile pociągowej konia ( $= \frac{1}{5}$  jego wagi własnej), max. wzniesienia, po którym koń może poruszać się, nie nie ciągnąc i nie mając na sobie żadnego ciężaru, wynosi około 20%; przy użyciu energii dwa razy większej ( $= 2 \cdot \frac{1}{5}$  jego wagi własnej), max. wzniesienia drogi dla konia nieobciążonego ok. 44%.

**3. Ruch pojazdów, ciągniętych przez zwierzęta pociągowe.** Wymaga: 1. budowy odpowiedniej do ruchu jeźdni, 2. nadania drodze odpowiedniego przekroju poprzecznego i podłużnego, 3. przy zmianach kierunku drogi — łuków o odpowiednich promieniach.

Urządzenie wozów. Zwykle wozy gospodarskie (używane w rolnictwie) posiadają przedni skret 20—35°; tylny skret, uż. przy przewożeniu długich kłoców drzewa, wynosi 20—25°. Szerokość kolei (rozstaw kół) wozu waha się w znacznych granicach i zależy od miejscowości i przeznaczenia wozu. Szerokość obręczy kół u wozów winna być taka, aby ciśnienie koła na nawierzchnię drogi nie niszczyło tej ostatniej. Max. ciśnienie na 1 cm bieżącej szerokości obręczy nie powinno przekraczać 150 kg (norma paryskiego zjazdu międzynarodowego 1922 r. w sprawie ustalenia przepisów ruchu, przyjęta w polskich przepisach porządkowych na drogach). Długość zaprzęgu przy dyszlu 4—5 m, przeciętnie 4,2 m, długość zaprzęgu w drugim rzędzie 3,8—4,0 m. Największa szerokość ładunku 3,0 m. Waga własna wozu przeciętnie na 1 pociągowe zwierzę 300—1000 kg, średnio 500—600 kg.

Ruch wozów na równi. Siła pociągowa winna przewyższyć opór wewnętrzny wozu (tarcie w piastach kół), który przy należytem smarowaniu jest nieznaczny, oraz opór zewnętrzny („tarcie potoczyste“) kół o nawierzchnię drogi; oporu powietrza nie bierze się w rachubę.

Dla określenia oporu ruchu wozu na równi  $W$  używa się prostego wzoru:

$$W = \varphi Q; \quad (1)$$

we wzorze powyższym  $W$  = całkowity opór ruchu (zewewnętrzny + wewnętrzny);  $\varphi$  = współczynnik oporu, zależny od rodzaju nawierzchni i jej stanu;  $Q$  = waga wozu wraz z ładunkiem.

Oprócz tego  $\varphi$  zależy od szybkości ruchu wozów i szerokości obręczy kół. Przeciętne wartości por. tabl. 2.

Tablica 2.

| Nawierzchnia                             | $\varphi$   | Nawierzchnia                               | $\varphi$   |
|--|-------------|--|-------------|
| Sypki piasek . . . . .                   | 0,200—0,250 | Zwykły bruk . . . . .                      | 0,060—0,070 |
| Sypki żwir (bez lepiszcza) . . . . .     | 0,100—0,160 | Zwykły bruk w dobrym stanie . . . . .      | 0,040       |
| Droga żwirowana (z lepiszczem) . . . . . | 0,035—0,075 | Naw. z klinkieru . . . . .                 | 0,013—0,028 |
| Zwykła droga błotnista . . . . .         | 0,100—0,120 | Naw. z duż. kostek kam. . . . .            | 0,022—0,045 |
| Twarda glina . . . . .                   | 0,060       | Bruk mozaikowy . . . . .                   | 0,016—0,025 |
| Twarda, sucha droga gruntowa . . . . .   | 0,045       | Bruk asfaltowy . . . . .                   | 0,008       |
| Droga bita nienawalcow. . . . .          | 0,120       | Tory żelazne w drogach kołowych . . . . .  | 0,004—0,005 |
| Dobra droga bita . . . . .               | 0,015—0,025 | Bruk drewniany z drzewa mickiego . . . . . | 0,010—0,033 |
| Droga bita w śr. stanie . . . . .        | 0,025—0,045 | Bruk drewniany z drzewa twardego . . . . . | 0,013       |
| Droga bita w złym stanie . . . . .       | 0,045—0,080 |  |             |

Możliwość ruchu wozu na równi jest wtedy, gdy

$$P \geq \varphi Q; \quad (2)$$

gdzie  $P$  = siła pociągowa;  $\varphi$  oraz  $Q$  j. w.

Ruch wozu na wzniesieniu (spadku). Gdy wóz ciągniemy jest po drodze ze wzniesieniem o nachyleniu pod kątem  $\alpha$  do poziomu, siła pociągowa potrzebna do ciągnięcia wozu

$$P \geq \varphi Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha; \quad (3)$$

gdzie  $P, Q, \varphi$  j. w., zaś  $G$  = waga własna zwierząt, ciągnących wóz.

Przy  $\varphi = \operatorname{tg} \alpha$  we wzorze (3) mamy:

$$P \geq 2 \varphi Q + \varphi G. \quad (4)$$

Ponieważ  $G$  w stosunku do  $Q$  jest zwykle małe, przyjmujemy w przybliżeniu, że przy  $\operatorname{tg} \alpha = \varphi$  siła pociągowa  $P = \infty 2 \varphi Q$ , że zatem siła pociągowa potrzebna na wzniesieniu  $\operatorname{tg} \alpha = \varphi$  winna być dwa razy większa, niż siła pociągowa, potrzebna dla ciągnięcia po poziomym odcinku drogi tego samego wozu z tym samym ładunkiem.

Gdy wóz ciągniemy jest w dół po drodze o spadku  $\alpha$  do poziomu, potrzebna siła pociągowa

$$P \geq \varphi Q - (Q + G) \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

Pomijając stosunkowo mały wyraz  $G$ , otrzymamy

$$P = Q(\varphi - \operatorname{tg} \alpha). \quad (6)$$

Przy  $\operatorname{tg} \alpha = \varphi$  mamy  $P = 0$  — tj. wóz może się toczyć (w dół) sam, „ $\operatorname{tg} \alpha > \varphi$ ” „ $P < 0$  — tj. należy wóz wstrzymywać (hamować).

Praca zwierząt pociągowych. Normalna siła pociągowa konia:

$$P = a \cdot G, \quad (7)$$

gdzie współczynnik  $a$  równy  $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$ .

Przeciętnie: słaby koń:  $G = 250 \text{ kg}$ ;  $P = 60 \text{ kg}$  } średnio  $P = 75 \text{ kg}$ .  
 średni koń:  $G = 350 \text{ kg}$ ;  $P = 75 \text{ kg}$  }  
 silny koń:  $G = 450 \text{ kg}$ ;  $P = 85 \text{ kg}$  }

Siła pociągowa wołu = 60—100 kg; muła = 50—70 kg; osła = 30—40 kg.

Wyzyskanie siły pociągowej zwierząt zmniejsza się z powiększeniem ilości koni w zaprzęgu (tabl. 3).

Tablica 3.

| Liczba koni w zaprzęgu                       | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Stopień wyzyskania siły pociągowej konia.... | 100% | 98% | 87% | 80% | 73% | 64% | 55% | 49% |

Szybkość ruchu konia:

|  |   |
|--|---|
| $v = 0,6 \text{ m/sek.}$ — wolny step                | } $v = 4,0 - 6,0 \text{ m/sek.}$ — klus<br>$v = 12,0 - 16,0 \text{ m/sek.}$ — galop (tempo wyścigowe) |
| $v = 1,0 - 1,1 \text{ m/sek.}$ — step                |   |
| $v = 2,0 \text{ m/sek.}$ — szybki step               |   |
| $v = 3,0 - 4,0 \text{ m/sek.}$ — trucht (wolny klus) |   |

Praca konia jest wewnętrzna — dla przenoszenia własnego ciała, i zewnętrzna — dla przewożenia wozów z ładunkami. Praca dzienna konia w stepie może wynosić do 10000  $\cdot G \text{ kg/m}$ , gdzie  $G$  = waga własna konia w  $\text{kg}$ ; z czego jednak przy stepie ok. 54% idzie na pracę użyteczną, reszta — na pracę wewnętrzną. W klusie praca użyteczna wynosi 13—16% całej ilości pracy konia.

Wydażność pracy konia:  $L = P r t, \quad (8)$



gdzie  $L$  = ilość pracy wykonanej w ciągu dnia roboczego,  $P$  = przeciętna siła pociągowa, z jaką koń pracuje,  $v$  = przeciętna szybkość ruchu w  $m/sec.$ ,  $t$  = czas pracy dziennąj.

Podług Lechalasa:  $L_{max} = P_0 v_0 t_0$  przy  $P_0 = \frac{1}{5}$  wagi konia,

$$v_0 = 0,8 \text{ m/sec.}, t_0 = 8 \text{ godz.}$$

Praca przy stałym utrudzeniu będzie miała miejsce, gdy

$$L_{max} = P_0 v_0 t_0 = P v t_0,$$

tj., gdy przy 8-godzinnyim dniu pracy koń pracuje z taką  $P$  i  $v$ , żeby wydajność pracy była równa maksymalnej.

$$\text{Wzór Mascheka: } P = P_0 \left( 3 - \frac{v}{v_0} - \frac{t}{t_0} \right) \dots \dots \dots (9)$$

podaje zależność wielkości siły pociągowej przy szybkości  $v$  i czasie trwania pracy  $t$  w zależności od normalnej (najkorzystniejszej) siły pociągowej  $P_0$ , przy szybkości  $v_0$  i czasie trwania pracy  $t_0$ . Wzór (9) daje rezultaty zgodne z rzeczywistością, gdy  $v$  i  $t$  niebył się różnią od  $v_0$  i  $t_0$ .

Siła pociągowa konia w stosunku do jego siły pociągowej normalnej może być powiększona nawet 3—4 razy, jednak bez szkody dla zdrowia konia można ją tylko podwoić ( $= 2 P_0$ ) z warunkiem, aby praca w tych warunkach nie była zbyt długa (np. aby odcinek drogi ze wzniesieniem, wymagającym podwojenia siły pociągowej nie był dłuższy niż 500—600  $m$ ).

W tabelicy 4 obliczony został ze wzoru  $Q = \frac{P_0 - G \operatorname{tg} \alpha}{\varphi + \operatorname{tg} \alpha}$  [por. wzór (3)] ciężar (waga wozu + ładunek użyteczny), jaki koń może ciągnąć normalną siłą pociagową na rozmaitych wzniesieniach po drogach z różnemi współczynnikami oporu; w obliczeniach przyjęto  $G = 350 \text{ kg}$ ,  $P_0 = 75 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 1,1 \text{ m/sec.}$ ,  $t_0 = 8 \text{ godz.}$

Tabela 4.

| Wielkość<br>wzniesienia<br>( $\operatorname{tg} \alpha$ ) | Wielkość $Q$ przy nawierzchni ze współczynnikiem oporu $\varphi =$ |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | = 0,006  | = 0,010 | = 0,013 | = 0,020 | = 0,025 | = 0,033 | = 0,050 | = 0,100 | = 0,143 |
| 0,000....   | 11250  | 7500    | 5625    | 3750    | 3000    | 2250    | 1500    | 750     | 525     |
| 0,005....   | 6279   | 4883    | 3995    | 2930    | 2442    | 1911    | 1332    | 698     | 495     |
| 0,010....   | 4290   | 3575    | 3064    | 2383    | 2043    | 1630    | 1192    | 650     | 468     |
| 0,020....   | 2550   | 2267    | 2040    | 1700    | 1511    | 1275    | 971     | 567     | 418     |
| 0,030....   | 1759   | 1613    | 1488    | 1290    | 1173    | 1018    | 806     | 496     | 373     |
| 0,040....   | 1307   | 1220    | 1144    | 1017    | 938     | 832     | 678     | 436     | 334     |
| 0,050....   | 1015   | 958     | 908     | 821     | 767     | 690     | 575     | 383     | 298     |
| 0,060....   | 810  | 771     | 736     | 675     | 635     | 579     | 491     | 338     | 266     |
| 0,070....   | 659  | 631     | 606     | 561     | 532     | 489     | 421     | 297     | 237     |
| 0,080....   | 542  | 522     | 504     | 470     | 448     | 415     | 362     | 261     | 211     |

Tłuste liczby dają dla każdego rodzaju nawierzchni (dla każdego współcz.  $\varphi$ ) granicę wzniesienia ( $\operatorname{tg} \alpha$ ), której nie można przekroczyć, gdyż ciągnięty przez konia na większe wzniesienia ciężar byłby mniejszy, niż część wagi własnej wozu ( $= \infty 500 \text{ kg}$ ), przypadająca na jednego konia (przy parokonnym zaprzęgu).

W tabelicy 5 podana jest zależność między szybkością jazdy i wielkością ciężaru (wagi własnej wozu + ładunku) przypadająca na 1 konia dla drogi bitej, mającej współczynnik oporu  $\varphi = 0,025$ ; waga wozu, przypadająca na 1 konia, przyjęta = 500  $kg$ .

Tablica 5.

| Wielkość<br>wzniesienia<br>(tg $\alpha$ ) | Szybkość ruchu wozu w m/sek.       |                            |                                    |                            |                                    |                            |                                    |                            |
|---|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|   | 0,75 m/sek.                        |                            | 1,0 m/sek.                         |                            | 1,25 m/sek.                        |                            | 1,50 m/sek.                        |                            |
|   | CieŜar<br>wieszony<br>ogólny<br>kg | Ła-<br>dunek<br>wozu<br>kg | CieŜar<br>wieszony<br>ogólny<br>kg | Ła-<br>dunek<br>wozu<br>kg | CieŜar<br>wieszony<br>ogólny<br>kg | Ła-<br>dunek<br>wozu<br>kg | CieŜar<br>wieszony<br>ogólny<br>kg | Ła-<br>dunek<br>wozu<br>kg |
| 0,00                                      | 3960                               | 3460                       | 3280                               | 2780                       | 2600                               | 2100                       | 1920                               | 1420                       |
| 0,005                                     | 3242                               | 2742                       | 2675                               | 2175                       | 2108                               | 1608                       | 1542                               | 1042                       |
| 0,01                                      | 2729                               | 2229                       | 2243                               | 1743                       | 1757                               | 1257                       | 1271                               | 771                        |
| 0,02                                      | 2044                               | 1544                       | 1667                               | 1167                       | 1289                               | 789                        | 911                                | 411                        |
| 0,03                                      | 1609                               | 1109                       | 1300                               | 800                        | 991                                | 491                        | 682                                | 182                        |
| 0,04                                      | 1308                               | 808                        | 1046                               | 546                        | 785                                | 285                        | 523                                | 23                         |
| 0,05                                      | 1078                               | 587                        | 860                                | 360                        | 633                                | 133                        | 407                                | —                          |
| 0,06                                      | 918                                | 418                        | 718                                | 218                        | 518                                | 18                         | 318                                | —                          |
| 0,07                                      | 784                                | 284                        | 605                                | 105                        | 426                                | —                          | 247                                | —                          |
| 0,08                                      | 676                                | 176                        | 514                                | 14                         | 352                                | —                          | 190                                | —                          |
| 0,09                                      | 587                                | 87                         | 439                                | —                          | 291                                | —                          | 143                                | —                          |
| 0,10                                      | 512                                | 12                         | 376                                | —                          | 240                                | —                          | 104                                | —                          |

Na drogach bitych, znajdujących się w stanie dobrym w okolicy falistej ładunek użyteczny normalnego wozu dwukonnego wynosi przy koniach o średniej sile pociągowej i przy 8-godzinym dniu roboczym około 2000 kg, na drogach gruntowych dobrych zaledwie 1000—1500 kg. W miejscowościach równinnych ładunek bywa większy i wynosi zwykle 3500 kg.

4. Ruch samochodów i traktorów. Siła pociągowa traktora lub samochodu:

$$\text{na poziomie } P_0 = k Q \quad (10)$$

$$\text{na wzniesieniu } P_{a1} = (k - \text{tg } \alpha) Q \quad (11)$$

$$\text{na spadku } P_{a2} = (k + \text{tg } \alpha) Q \quad (12)$$

We wzorach powyższych:  $P_0$  = siła pociągowa przy ruchu na poziomie,  $P_{a1}$  = siła pociągowa tegoż pojazdu mechanicznego na wzniesieniu o kącie pochylenia do poziomu =  $\alpha^\circ$ ;  $P_{a2}$  = siła pociągowa tegoż pojazdu mechanicznego na spadku o kącie pochylenia =  $\alpha^\circ$ ;  $Q$  = waga własna samochodu lub traktora z obciążeniem (ładunkiem);  $k$  = współczynnik oporu ruchu, określany doświadczeniowo, zależny od zezepności („adhezji“) samochodu (traktora) z nawierzchnią drogi, a więc od rodzaju i stanu nawierzchni, od ustroju pojazdu, w szczególności od wagi przypadającej na oś ciągnącą, od ustroju obręczy kół ciągnących itd.; wynosi on zwykle dla traktorów na drogach gruntowych = 0,25—0,3, niekiedy przy traktorach czołgowych = 0,4. Dla samochodów osobowych współczynnik  $k$  jest znacznie mniejszy; więc i siła pociągowa stosunkowo mniejsza, niż przy traktorach.

Tablica 6.

Współczynnik oporu samochodu  $k$  wedle doświadczeń Forestier i Desdoutis (1899).

| Przy obręczach                | gumowych<br>pełnych | żelaznych |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| Na dobrej drodze bitej suchej | 0,015               | 0,017     |
| Na złej drodze bitej suchej   | 0,018               | 0,020     |
| Na dobrej drodze bitej mokrej | 0,020               | 0,022     |
| Na złej drodze bitej mokrej   | 0,022               | 0,025     |
| Na rozmięklej drodze bitej    | 0,025               | 0,028     |



Nowsze doświadczenia Kenelly i Shuriga, wykonane około Bostonu z elektrycznym samochodem o wadze 450 kg, na pełnych obrotach gumowych podają wielkość oporu ruchu wraz z oporem powietrza (bez wiatru), tj. określają niezbędną siłę potrzebną do poruszania samochodu z określoną szybkością na poziomie (patrz fig. 75).

Opór powietrza. Przy mniejszych szybkościach samochodów jest nieznaczny i nie bierze się go w rachubę; przy większych ma duże znaczenie i wynosi:

$$W = \lambda S v^2, \quad \dots \dots \dots (13)$$

gdzie  $W$  = opór powietrza w kg;  $\lambda$  = współczynnik doświadczalny =  $\approx 0,005$ ;  $S$  = powierzchnia samochodu w przekroju poprzecznym w  $m^2$ ;  $v$  = szybkość samochodu w km/godz.

O ile ruch samochodu odbywa się z szybkością  $v_1$  km/godz. naprzeciw wiatrowi, dmucemu z szybkością  $v_2$  km/godz., należy we wzorze (13) przyjąć

$v = v_1 + v_2$ ; o ile wiatr jest ukośny, przyjmujemy za  $v_2$  składową szybkości wiatru w kierunku ruchu.

Ruch w łukach. Ruch wozów typu gospodarskiego (ze skretem 20—35°) ze względów technicznych jest możliwy i swobodny, gdy promień łuku drogi nie jest mniejszy, niż 2  $L$  do 2,25  $L$ , gdzie  $L$  = odległość między osiami wozu; przy zwykłych długościach  $L = 3,0$  do 4,0 m najmniejszy promień łuku byłby 6,0 do 9,0 m, w rzeczywistości na drogach stosuje się min. promień łuku znacznie większy z powodu potrzeby przewożenia

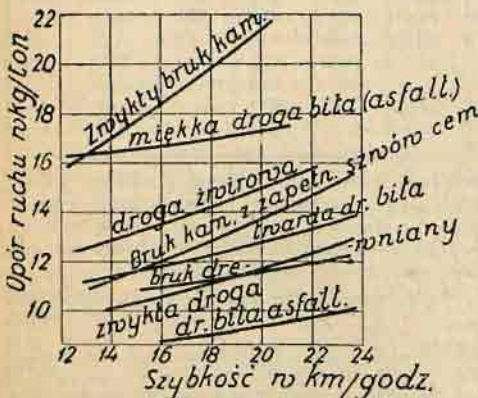


Fig. 75.

na wozach tego typu długich kłoców drzewa; wtedy rozstawienie osi  $L$  dochodzić może do 20 m, a wielkość najmniejszego promienia 2  $L$  do 2,25  $L$  będzie 40 do 50 m.

Przy użyciu t. zw. tylnego skretu, polegającego na tem, że przy przewożeniu kłoca w łuku rozwaruje odwiazuje się od kłoca i odciąga ku zewnętrznej stronie łuku o kąt  $\alpha$  (20 do 25°), wielkość najmn. promienia dopuszczalnego redukuje się znacznie i równa się 0,9  $L$  do 1,0  $L$ , tj. przy rozstawieniu osi  $L = 20$  m — min.  $R = 18$  do 20 m.

Przy ruchu samochodów, jadących ze znaczną szybkością ( $v > 15$ —20 km/godz.) w łuku siła odśrodkowa przy pewnej wielkości szybkości może bądź wywrócić samochód, bądź też zsunąć z nawierzchni w kierunku poprzecznym do ruchu i na zewnątrz łuku, po przewyższeniu tarcia między kołami i nawierzchnią drogi.

Najmn. promień łuku, na którym samochód może swobodnie poruszać się przy małej szybkości ( $v < 15$  km/godz.) przy wielkości kąta skretu kół przednich zwykle = 20—25°, wynosi około 3  $L$ , gdzie  $L$  = rozstawienie osi samochodu.

Ze względu na siłę odśrodkową szybkość ruchu musi być przystosowana do wielkości promienia łuku, a przy budowie nowych dróg wielkość najmniejszego promienia łuku należy dostosować do szybkości, jaką samochody mają rozwijać w łukach.

Przekrój poprzeczny dróg w łuku dotychczas budowany jest taki, jak w odcinkach prostych, tj. dwuspadkowy i ruch samochodu odbywać się

może zarówno po wewnętrznej stronie łuku, nachylonej do wewnątrz łuku (fig. 76, A i fig. 77, A), jak po zewnętrznej stronie, nachylonej do zewnątrz (fig. 76, B i fig. 77, B).

W pierwszym wypadku warunkiem równowagi jest:

a) Aby wypadkowa siły odśrodkowej  $F$  i ciężaru własnego samochodu nie wyszła z granic  $OO_1 = \frac{1}{3} s$ , gdzie  $s$  = szerokość rozstawienia kół (równowaga pewna); w zwykłych warunkach  $s = 1,4 \text{ m}$ ,  $\text{tg } \alpha = 0,06$ ,  $H = 0,8 \text{ m}$ , więc:

$$v = 6,63 \sqrt{R}; \quad \dots (14)$$

b) Aby samochód nie był zsunięty z jezdni, tj. aby  $T$  = tarcie kół o nawierzchnię było przynajmniej równe składowym sił, równoległym do nawierzchni drogi (równowaga chwiejna); otrzymamy więc zależność:

$$\frac{G v^2}{g R} = (f + \text{tg } \alpha) G$$

Stąd otrzymamy najw. dopuszczalną szybkość:

przy spółz. tarcia  $f = 0,5$  (latem)

$$V_1 = 9 \sqrt{R} \text{ km/godz.} \quad \dots (15)$$

przy spółz. tarcia  $f = 0,03$  (zimną)

$$V_2 = 1,1 \sqrt{R} \text{ km/godz.} \quad \dots (16)$$

Analogicznie można wyprowadzić wzory dla ruchu po zewnętrznej stronie łuku (wypadek B, fig. 76 i 77).

Dla różnych promieni otrzymamy ze wzorów (14), (15) i (16) i wzorów analogicznie wyprowadzonych dla ruchu po zewnętrznej stronie łuku tablicę orientacyjną 7.

Tablica 7.

| Promień łuku w m | Dopuszczalna szybkość samochodów w km/godz. przy ruchu po wewnętrznej stronie łuku (wyp. A na fig. 2 i 3) |  |                               | Dopuszczalna szybkość samochodów w km/godz. przy ruchu po zewnętrznej stronie łuku (wyp. B na fig. 2 i 3) |  |   |
|------------------|---|--|-------------------------------|---|--|---|
|                  | ze względu na możliwość wywracania<br>$v = 6,63 \sqrt{R}$<br>(równowaga stała)                            | ze względu na możliwość zsuwania samochodów (równowaga chwiejna) |                               | ze względu na możliwość wywracania samochodów<br>$v = 5,89 \sqrt{R}$<br>(równowaga stała)                 | ze względu na możliwość zsuwania samochodów (równowaga chwiejna) |   |
|                  |   | w lecie<br>$v = 9 \sqrt{R}$                                      | w zimie<br>$v = 1,1 \sqrt{R}$ |   | w lecie przy $f = 0,5$<br>$v = 7,91 \sqrt{R}$                    | w zimie przy $f = 0,03$<br>$v = \text{irr.}$    |
| 20               | 29,6  | 40,6   | 4,9                           | 24,1  | 35,6   | v = irracjonalne.<br>Ruch nie może się odbywać. |
| 30               | 36,3  | 49,7   | 5,9                           | 29,5  | 43,5   |   |
| 40               | 42,0  | 56,9   | 6,8                           | 34,1  | 49,8   |   |
| 50               | 46,9  | 64,1   | 7,7                           | 38,1  | 59,1   |   |
| 60               | 51,4  | 69,5   | 8,3                           | 41,8  | 61,6   |   |
| 80               | 59,3  | 80,3   | 9,6                           | 48,2  | 70,3   |   |
| 100              | 66,3  | 90,0   | 10,8                          | 53,9  | 79,3   |   |
| 150              | 81,2  | 109,8  | 13,4                          | 66,8  | 97,2   |   |



## II. Trasowanie.

**Uwagi ogólne.** Trasowanie drogi winno odpowiadać warunkom ekonomicznym i technicznym.

Pod względem ekonomicznym droga przeprowadzona jest prawidłowo, gdy wybrany jest taki kierunek, przy którym suma kosztów rocznych, składająca się z amortyzacji kapitału wyłożonego na budowę drogi, z kosztów utrzymania drogi i kosztów ruchu na drodze, jest najmniejsza.

Pod względem technicznym droga jest przeprowadzona prawidłowo, gdy zachowane są następujące warunki:

1. Droga łączy dane punkty linią możliwie najkrótszą.

2. Wybrano dla drogi wielkości największego wzniesienia (spadku) i najmniejszego promienia łuku odpowiednie dla ruchu, jaki ma się odbywać na drodze.

3. Zaprojektowano trasę tak, aby roboty ziemne możliwie wyrównywały się wzajemnie w wykopach i nasypach i były możliwie małe; ograniczono lub uniknięto budowy mostów, przepustów, ścian podporowych itp. kosztownych budowli.

4. Nadano kierunek bezpieczny ze względu na możliwość powstawania usuwisk, zasp śnieżnych, lawin itp.

5. Droga jest przeprowadzona przez miejscowości suche (uniknąć terenu zalewowego), ma zabezpieczony odpływ wód atmosferycznych, jest wystawiona na osuszające działanie wiatrów i promieni słońca, posiada mosty i przepusty o odpowiednich otworach, ma zabezpieczone dobre odwodnienie przy pomocy celowo wykonanych rowów; nawierzchnia drogi wzniesiona przynajmniej 0,5—0,75 m nad poziomem wysokich wód rzek i potoków.

6. Uwzględniono istniejące lub mające się zbudować odgałęzienia; skrzyżowanie z drogami tej samej kategorii przeprowadzono możliwie w odcinkach prostych i poziomych, możliwie pod kątem prostym przy użyciu łuków o promieniu dopuszczalnym na danej drodze.

7. Skrzyżowanie dróg z ożywionym ruchem z głównymi liniami kolei żelaznych jest wykonane w różnych poziomach, a skrzyżowanie dróg o małym ruchu z liniami drugorzędnymi kolei żelaznych przeprowadzone w jednym poziomie, ale tak, że linia kolejowa jest widoczna z drogi przy zbliżaniu się do skrzyżowania na przestrzeni przynajmniej po 300—400 m z każdej strony.

8. Wybrany kierunek daje możność dostarczenia materiałów na budowę i utrzymanie drogi możliwie najtańszych i najlepszych; wybrana trasa daje możność pojenia zwierząt pociagowych w odpowiednich odstępach, co zresztą ma dziś mniejsze znaczenie.

**Łuki na drogach.** Według tymczasowych przepisów o budowie dróg, wydanych przez M. R. P. w 1919 r., najmniejszy dopuszczalny promień na drogach I klasy (z ożywionym ruchem o znaczeniu ważniejszym, tj. na drogach państwowych i wojewódzkich) = 50 m; dla dróg II klasy o znaczeniu miejscowym (tj. dla dróg powiatowych i gminnych) = 25 m. Dla dróg I klasy w miejscowościach górzystych najmniejszy dopuszczalny promień łuku = 25 m z odpowiedniemi poszerzeniem jezdni.

Podług prof. Lukasa najmniejszy dopuszczalny promień:

|  |        |
|--|--------|
| na drogach z ożywionym ruchem samochodowym . . . . .               | = 50 m |
| na drogach ważnych bez ruchu samochodowego . . . . .               | = 30 m |
| na drogach o miejscowym znaczeniu (gminnych) . . . . .             | = 20 m |
| na drogach polnych . . . . .                                       | = 10 m |
| na drogach, na których przewożone są długie kłose drzewa = 25—30 m |        |

Pomiędzy łukami, w jedną stronę skierowanemi, zamiast odcinków prostych lepiej wstawić odcinek łuku o większym promieniu (łuki koszarowe). Pomiędzy łukami odwrotnemi (skierowanemi w strony przeciwne), pożądanę są odcinki proste o długości najmniej 10 m, a przy ruchu samochodowym przynajmniej 30 m.

**Wzniesienia (spadki).** Ze względu na konieczność odwodnienia nawierzchni poziome odcinki dróg dopuszcza się tylko z konieczności, np. na znaczniejszych nasypach (groblach na błotach i dolinach rzek) i w gruntach piaszczystych. Poza tem odcinków poziomych należy o ile możności unikać i stosować zamiast poziomych odcinków spadki podłużne — przynajmniej 0,5%, przy jednoczesnem nadaniu nawierzchni odpowiednich spadków poprzecznych. Wielkość największego dopuszczalnego spadku na drodze zależy od rodzaju nawierzchni, a więc i współczynnika oporu  $\varphi$  (p. str. 82). Teoretycznie max. wzniesienia na drodze =  $\varphi$  (por. str. 84), przytem wzniesienia takie nie powinny być dłuższe niż 500—600 m ze względu na przemęczenie zwierząt przy dłuższych odcinkach; o ile są takie wzniesienia dłuższe, pożądanym jest podział ich na odcinki krótsze ( $\leq 500$ —600 m), połączone odcinkami odpoczynkowymi (poziomymi lub o wzniesieniu 2—3%).

W rzeczywistości dopuszczane są wzniesienia (spadki) większe, niż =  $\varphi$ , przez zmniejszanie pożytecznego ładunku wozów.

Normy Amerykańskiego Związku Inżynierów Cywilnych podane przez Blancharda określają max. wzniesienia (spadku):

|  |                 |
|--|-----------------|
| dla drogi żwirowanej . . . . .   | 12%             |
| dla drogi bitej . . . . .  | 12%             |
| dla drogi bitej smołowanej . . . . .   | 6—8%            |
| dla drogi betonowej . . . . .  | 8%              |
| dla drogi klinkierowej ze szwami wypełnionymi zaprawą cement. . . . .        | 6% (lepiej 4%)  |
| dla drogi klinkierowej ze szwami wypełnionymi smołą . . . . .                | 12%             |
| dla drogi z kostek kamiennych ze szwami wypełnionymi zaprawą cement. . . . . | 9% (lepiej 6%)  |
| dla drogi z kostek z wypełnieniem szwów smołą . . . . .                      | 15% (lepiej 8%) |

Inne rodzaje nawierzchni por. dział: Ulice.

Według tymcz. przepisów M. R. P. z 1919 r. największe wzniesienia (spadki) nie mogą przekraczać:

Tablica 8.

|  | Dla dróg I kl.<br>(państwowych<br>i wojewódzkich) | Dla dróg II kl.<br>(powiatowych<br>i gminnych) |
|--|---|--|
| W miejscowościach równinnych . . . . .   | 3%  | 4%   |
| W miejscowościach wzniesionych . . . . . | 4%  | 5%   |
| W miejscowościach górskich . . . . .     | 5%  | 6%   |

Za zezwoleniem M. R. P. w wyjątkowych wypadkach można w terenach górzystych dla dróg II kl. stosować spadek 7%.

Dla dróg o miejscowem znaczeniu (niektóre drogi gminne) normy wzniesień (spadków) mogłyby być powiększone dwukrotnie w stosunku do norm dla dróg II kl. i wynosić mogłyby 8%, 10% i 12% w zależności od terenu.

Wzniesienia (spadki) o różnej wielkości i kierunku winny być łączone ze sobą przy pomocy łuków pionowych o promieniu  $r = 10 v$ , gdzie  $v$  = przeciętna szybkość w km/godz. samochodów na danej drodze.

W łukach o promieniach małych ( $< 50$  m) przy nagłych zwrotach (zakolach) kierunku drogi (kat łuku mniejszy niż 135°) należy wzniesienia (spadki) zmniejszać do 2—2½%.

**Przekroje poprzeczne.** Typowe przekroje dróg zarówno gruntowych jak z twardą nawierzchnią (drogi bite, brukowane, betonowe itp.) podano na fig. 78.



Szerokość drogi w koronie oraz szerokość jezdni zależy: 1. od ruchu na drodze: jego rodzaju i intensywności; 2. rodzaju nawierzchni drogi.

Przeciętnie szerokość w koronie dróg obecnie budowanych — od 3 do 15 m, rzadziej więcej; szerokość jezdni — od 3,5 do 7,0 m, rzadziej więcej.

Całkowita szerokość drogi wraz z pasami o szerokości przynajmniej po 0,75 m za rowami i za stopami nasypów jest zależna od warunków terenowych.

Tymcz. przepisy M. R. P. o budowie nowych dróg bitych z r. 1919 ustalają: min. szerokość drogi w koronie na 8,0 m dla dróg ważniejszych, min. szerokość drogi w koronie na 6,5 m dla dróg mniej ważnych,

min. szerokość jezdni w koronie na 5,0 m dla dróg ważniejszych, min. szerokość jezdni w koronie na 4,0 m dla dróg mniej ważnych.

Poprzeczne spadki zależą: od rodzaju gruntu (na drogach gruntowych); a mianowicie są mniejsze na gruntach lekkich, większe — na cięższych; od rodzaju nawierzchni (im jezdni więcej przepuszczalna, tem spadki większe).

Przy spadkach podłużnych spadki poprzeczne zmniejsza się według tablicy 9.

Tablica 9.

| Przy spadku podłużnym =                                  | 0‰ | 0‰ do 3 1/2 ‰ | 3 1/2 ‰ i więcej |
|--|----|---------------|------------------|
| Spadek poprzeczny nawierzchni z bruku kamiennego . . . . | 5‰ | 4‰            | 3‰               |
| Spadek poprzeczny drogi bitej .                          | 6‰ | 5‰            | 4‰               |
| Spadek poprzeczny drogi gruntowej (grunt średni) . . . . | 5‰ | 3,5‰          | 1,5‰             |

Spadki poprzeczne utworzone są albo przez pochyłe płaszczyzny, połączone po środku drogi powierzchnią walca, albo też stanowią powierzchnie walca lub płaskiej paraboli.

Poprzeczne przekroje dróg w łukach o promieniach mniejszych niż 150 m ze względu na ruch samochodowy winny mieć spadek jednostronny, skierowany na wewnątrz łuku (fig. 79); spadek ten dla szybkości niewielkich (30—60 km/godz.) może nie przekraczać zwykłych norm 6—8‰; dla większych szybkości pochylenie poprzeczne jezdni należy obliczyć (por. str. 86 i 87).

W miejscowościach pagórkowatych i górskich na drogach, przechodzących po zboczach, dla bezpieczeństwa w czasie,

gdy nawierzchnia bywa śliska, daje się poprzeczny jednostronny spadek do strony góry (fig. 80).

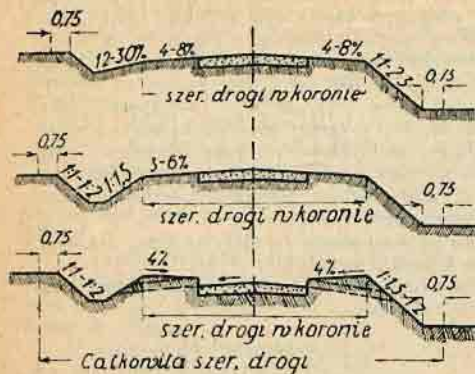


Fig. 78.

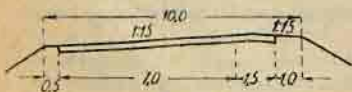


Fig. 79.

**Odwodnienie dróg.** Do odprowadzenia wody powierzchniowej służą rowy formy trapezowej lub trójkątnej; te ostatnie mogą być wykonywane przy pomocy maszyn taniej niż ręcznie. Głębokość ich zależy od miejscowych warunków terenowych; nie powinna jednak być mniejsza niż 50—70 cm w stosunku do grzbietu drogi. Spadek dna rowu pożądaný nie mniejszy niż 1‰, przy większych spadkach (3—4‰) należy w zależności od

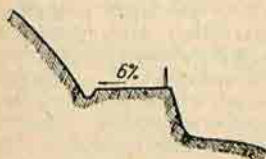


Fig. 80.

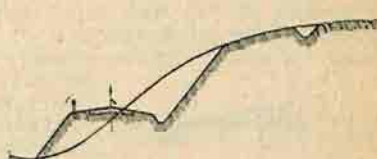


Fig. 81.

gruntu odpowiednio wzmocnić dno i skarpy rowów przy pomocy darniowania, ustawiania płotków z wikliny, brukowania itp.

W razie dużej ilości wód spływających po zboczu na drogę, oprócz rowu bocznego należy stosować rowy ochronne boczne (fig. 81), oddalone od skarpy wykopu zależnie od rodzaju gruntu i miejscowych warunków topograficznych 5—20 m. W razie potrzeby obniżenia poziomu wód zaskórnych lub osuszenia dróg na gruntach „sapo-

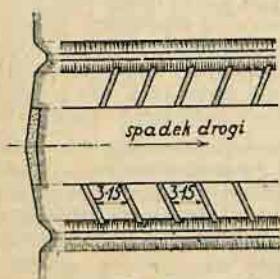


Fig. 82.

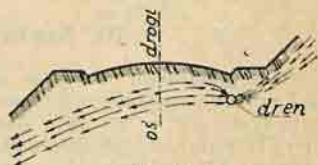


Fig. 83.

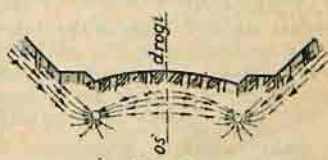


Fig. 84.

watych“, stosuje się drenowanie (odwodnienie) poprzeczne, podłużne lub mieszane.

Drenowanie (odwodnienie) poprzeczne — przykład na fig. 82. Dreny (sączki) stanowią rowki o szerokości 20—30 cm, głębokości 30—50 cm, zasypane tłuczniem, żwirem lub fałszywą; można zakładać ceglane rurki drenarskie (sączki) o średnicy 4—5 cm przy głębszych rowkach ( $\sim 1,0$  m), które nie zamarzają. — Przykłady podłużnego drenowania dróg podane są na fig. 83, 84, 85, i 86; w wypadkach podanych zastosowane są dreny z rurek ceglanych; można stosować również dreny z tłuczni lub żwiru (gorsze).

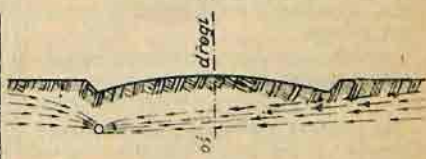


Fig. 85.

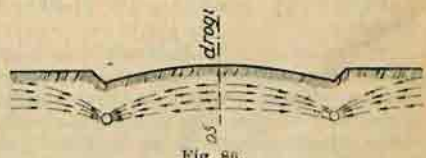


Fig. 86.



Drogi bite w gruntach sapowatych można drenować podłużnie, jak wskazuje fig. 87; drewny winny być założone na głębokości, wyłączającej ich zamrażanie (u nas co najmniej 1,0 m).



Fig. 87.

**Projekt techniczny drogi.** Projekt szczegółowy, tj. projekt tak opracowany, aby można było ściśle według niego wykonać budowę, składać się powinien: 1. z mapy w podziałce możliwie dużej (1:25.000 lub większej) z wykreśloną na niej trasą linią czerwoną; 2. z przekroju podłużnego, w podziałce długości dostosowanej do podziałki planu sytuacyjnego dla wysokości w podziałce 10 razy większej; 3. z przekrojów poprzecznych w podziałce 1:100 lub mniejszej; 4. z obliczenia ilości robót ziemnych wraz z projektem przewozu ziemi (podziałem mas ziemi); 5. z planu sytuacyjnego drogi w skali 1:2000, 1:1000 lub większej, wykreślonego na podstawie przekroju podłużnego, przekrojów poprzecznych i projektu przewozu ziemi; 6. z planu wywłaszczanych gruntów z wykazem gruntów, wywłaszczanych od poszczególnych właścicieli; 7. z projektów szczegółowych mostów i przepustów w podziałce 1:100 lub 1:50; 8. ze sprawozdania technicznego, objaśniającego projekt i 9. z kosztorysu z analizą cen.

### III. Nawierzchnia dróg.

**1. Drogi gruntowe.** Przy ich zastosowaniu należy starać się: 1. o dokładne i szybkie usuwanie wód atmosferycznych przez odpowiednie urządzenie odpływu tych wód w kierunku podłużnym i poprzecznym przy pomocy spadków; w razie potrzeby usuwania wód zaskórnych — urządza się drenowanie drogi; 2. o możliwe ubicie (walcowanie) jezdni i 3. o stałe i systematyczne utrzymywanie nadanego drodze przekroju podłużnego i poprzecznego.

Nadają się do takiego wykonania drogi, przechodzące w gruntach żwirowatych z domieszką gliny (15—25% gliny), w gruntach piaszczysto-gliniastych (15—40% gliny), w żółtoziemach (lessach), gorzej w czarnoziemiu, tłustych glinach, ilach; nie nadają się do tego zupełnie skały, piaski czyste, grunty błotniste i torfy; grunty takie wymagają specjalnego wzmocnienia dla dróg.

Wypukły przekrój poprzeczny nadaje się przy pomocy specjalnych maszyn, t. zw. równaczy, dotychczas prawie wyłącznie wyrabianych w Ameryce, ciągniętych przez zwierzęta pociągowe lub traktory; istnieje wiele typów tych maszyn.

Wydaźność pracy równacza zależy od jego wielkości i siły pociągowej; równacz średniej wielkości profiluje 1 km drogi o szerokości 9—10 m między ściekami w ciągu 7—10 dni przy trące konnej i 3—4 dni przy traktorze, o ile personel obsługujący jest włożony do tego rodzaju roboty. Koszt profilowania 1 km drogi gruntowej przed wojną wynosił, w zależności od warunków miejscowych, przy szerokości 8—10 m od 300 do 400 złotych.

Przykład przekrojów poprzecznych dróg gruntowych por. fig. 88.

**Walcowanie [wałkowanie<sup>1)</sup>] dróg gruntowych, świeżo sprofilowanych, jest bardzo pożądane, chociaż nie niezbędne; wykonywa się przy pomocy różnego systemu walców (wałków) konnych, parowych lub spalinowych o wadze 6—8 t. Najlepiej wykonywać walcowanie, gdy grunt jest umiarkowanie wilgotny; walcuje się najpierw brzegi jezdni i stopniowo przechodzi się ku środkowi pasami o szerokości wałka.**

<sup>1)</sup> Terminy „wałce drogowe, walcowanie“, „wał, wałowanie“ używane są w b. zaborze rosyjskim, terminy „wałek, wałkowanie“ w Małopolsce.





**Sposoby żwirowania.** Żwirowanie powierzchniowe polega na rozsypaniu na drodze gruntowej, odpowiednio sprofilowanej, warstwy żwiru o grubości z brzegu jezdni 15–20 cm, pośrodku 25–30 cm, i ubiciu jej



Fig. 90.

(uwalcowaniu) zaraz po rozsypaniu przy pomocy walców (konnych lub mechanicznych) lub stopniowo przez przejeżdżających przy pomocy odpowiedniego regulowania ruchu i systematycznego zarównywania

tworzących się kolein i wybojów (fig. 90). Po ubiciu (uwalcowaniu) grubość warstwy żwiru zmniejsza się o 25–30%.

Żwirowanie korytowe polega na wyrobieniu w sprofilowanej drodze gruntowej koryta (fig. 91) i na wypełnieniu go żwirem warstwami i uwalcowaniu. Jeżeli grunt jest nieprzepuszczalny, należy przez pobocza drogi przeprowadzić do ścieków drenaży piaskowe, odprowadzające wodę z koryta do ścieków.

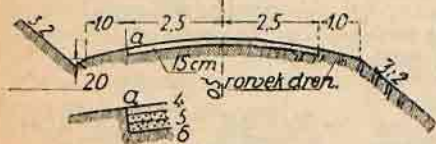


Fig. 91.

Utrzymywanie. Drogi żwirowane wymagają ciągłego i systematycznego utrzymywania, powinny mieć zawsze na poboczach lub w pobliżu drogi odpowiednią ilość zapasowego żwiru, aby natychmiast wykonać naprawy przez zasypywanie wybojów i zarównanie kolein; w miarę potrzeby trzeba periodycznie odnawiać nawierzchnię, pogrubiając ją odpowiednio. Zarównywanie kolein i podgarnianie ku środkowi drogi rozjeżdżonego i spłukanego żwiru wykonywać można przy pomocy włoków, nazywanych do utrzymania zwykłych dróg gruntowych.

Drogi żwirowane zastąpić mogą drogi bite przy ruchu niezbyt intensywnym, (do 200–300 koni na dobę) i lekkim; budowa i utrzymanie względnie proste, nie wymaga kosztownych maszyn.

**3. Drogi z nawierzchnią piaskowo-gliniastą.** Drogi gruntowe w gruntach piaskowych sypkich lub w gruntach tłusto-gliniastych, grząskich podczas słońca, wzmacniają się przez utworzenie na jezdni warstwy piaszczysto-gliniastej grubości 20–40 cm, zależnie od intensywności ruchu.

Stosunek objętości gliny do piasku w tej warstwie winien być taki, aby drobne czasteczki gliny i pyłu piaskowego domieszane były do piasku tylko w takiej objętości, aby wypełniły wolną przestrzeń pomiędzy ziarnami piasku, wynoszącą od 20 do 35% objętości piasku.

Objętość wolnej przestrzeni między ziarnami piasku określa się w próbie piasku przy pomocy zwykłej menzurki z wodą (objętość wody  $a \text{ cm}^3$ ), do której wrzuci się określoną objętość przemietego i ubitego piasku ( $b \text{ cm}^3$ ). Jeżeli podziałka na menzurce wskaże, że objętość, zajęta przez te dwa ciała wynosi  $c \text{ cm}^3$ , to objętość wolnej przestrzeni dla danego gatunku piasku w czystym jego stanie (po przemyciu) wynosi  $(b - c + a) \text{ cm}^3$ , co daje stosunek procentowy wolnej przestrzeni w piasku (czystym) do objętości piasku  $\frac{a + b - c}{b} \% = d\%$ . Jeżeli zawartość gliny w danym piasku wynosi

$c\%$ , to dla utworzenia warstwy piaskowo-gliniastej trzeba dodać gliny  $(d - c)\%$ .

Dokładne wymieszanie piasku z gliną następuje stopniowo z biegiem czasu. Dodawaną ilość gliny (względnie piasku przy ulepszaniu drogi gliniastej) należy rozsypać kilkoma warstwami, przedzielanymi odpowiedniej grubości warstwami piasku (wzgl. gliny — na drogach gliniastych). Dobre

przemieszanie osiąga się przy pomocy bron talerzowych, używanych w rolnictwie.

Drogi z nawierzchnią piaskowo-gliniastą wymagają systematycznego utrzymywania, odpowiednie są dla ruchu niewielkiego i lekkiego (do 200 koni na dobe).

4. Inne sposoby wzmacniania dróg gruntowych. Drogi piaskowe można wzmacniać też przy pomocy warstwy torfu, bądź układanego w postaci cegiełek jedna przy drugiej, bądź w postaci luźnej masy torfu (włóknistego), nasypanej równą warstwą grubości 20—30 cm, i zasypanej warstwą piasku. — Do wzmacniania dróg gruntowych nadaje się również darnina wrzosa, układana na drodze i zasypana cienką (5 do 10 cm) warstwą piasku; warstwa perzu, rozesłana na drodze i przysypana ziemią, również dobrze wzmacnia drogę. Wszystkie te sposoby są odpowiednie dla ruchu lekkiego i nieintensywnego.

Faszynowanie dróg gruntowych piaszczystych, lub grząskich (fig. 92) przy pomocy faszyny w peczkach o średnicy 20—30 cm, układanych w poprzek drogi jeden obok drugiego lub pokrywanie dróg gacią (fig. 93) z dyli okrągłych bez podciosania lub z dyli podciosowanych jest kosztowne i nietrwałe, pozwala jednak na intensywny i cięższy ruch po drodze i stosunkowo szybko może być wykonane; z tego względu stosuje się w celu doraźnego polepszenia warunków komunikacyjnych, np. w czasie wojny.

5. Drogi bite.<sup>1)</sup> Ustrój nawierzchni. Są dwa rodzaje nawierzchni: 1. Z pokładem kamiennym (t. zw. system Trésaguet) i 2. bez pokładu kamiennego (t. zw. system Mac Adama).

System Trésaguet (fig. 94) stosuje pokład kamienny z kamieni łupanych formy piramidalnej (wysok. 15—25 cm), układanych ostrzem do góry i zaścielanych tłuczniem; na pokładzie takim rozsypana jest warstwa tłucznia, tj. kamienia rozbitego w drobne kawałki, o średnicy ok. 4—6—8 cm w zależności od trwałości materiału: im trwalszy materiał, tem tłuczeń drobniejszy; grubość warstwy tłucznia 15—25 cm w zależności od intensywności spodziewanego ruchu i jakości tłucznia; niekiedy daje się dwie warstwy tłucznia. Dolną o grubości 15—20 cm z tłucznia grubszego (6—8—10 cm w średnicy), wierzchnią o gr. 10—15 cm z drobniejszego (4—6 cm w średnicy); w razie trudności w otrzymaniu dobrego materiału na tłuczeń na dolną warstwę można dać materiał słabszy (tańszy), na wierzchnią twardszy (droższy). Warstwa tłucznia po uwałcowaniu przy pomocy konnych lub mechanicznych (parowych lub spalinowych) walców drogowych tworzy na-

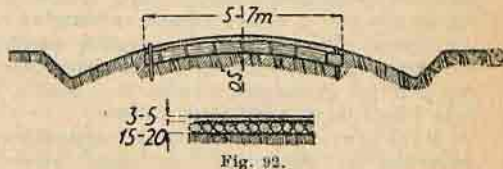


Fig. 92.

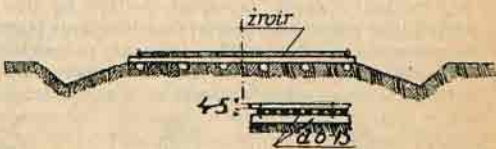


Fig. 93.

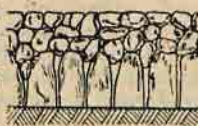


Fig. 94.

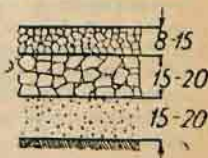


Fig. 95.

<sup>1)</sup> Termin używany w b. zaborze rosyjskim i pruskim „drogi bite”, termin używany w Małopolsce „drogi żwirowane, żwirowki”. Należy odróżnić je od dróg żwirowanych, por. str. 93 i 94.



wierzchnię drogi bitej. Po prawidłowym uwalcowaniu grubość warstwy tłucznia zmniejsza się znacznie (o 30%).

System Mac Adama (fig. 95). Nawierzchnię tworzy się z dwóch warstw tłucznia: dolnej z grubszego (6—8—10 i nawet 12 cm w średnicy) i wierzchniej z drobniejszego (4—6 cm w średnicy); z początku walcuje się dolną warstwę i dopiero po jej podwalcowaniu rozsypuje się wierzchnią warstwę i walcuje się ją; często zamiast dwóch daje się jedną warstwę tłucznia o średniej wielkości kawałków (6—8 cm), o grubości warstwy 20—30 cm. Na gruntach nieprzepuszczalnych daje się warstwę piasku możliwie gruboziarnistego lub nawet żwiru, ubita; dobrze przed rozsypaniem tłucznia; warstwa ta ma na celu osuszanie nawierzchni.

System Trésaguet daje nawierzchnię mocniejszą, odpowiednią dla ruchu cięższego i jest odpowiedniejszy, niż system Mac Adama, dla gruntów lekkich (sypkich) lub gliniastych. System Mac Adama jest tańszy i odpowiedni dla dróg z mniejszym i lepszym ruchem.

Przekroje poprzeczne — przystosowane są do rodzaju i napięcia ruchu: od tego zależy szerokość jezdni, poboczy, a więc i szerokość drogi w koronie. Typowe przekroje podaje fig. 96; na drogach bitych mamy oprócz tego czasem niesymetryczne przekroje poprzeczne „z letniami drogami”, nazywanymi „latówkami”. Gdy na poboczach jest za mało miejsca na składanie materiałów, urządza się place składowe możliwie co kilka-dziesiąt metrów przez poszerzanie korony drogi (fig. 97).

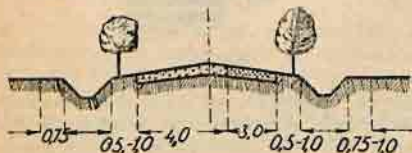


Fig. 96.



Fig. 97.

Materiały do budowy i utrzymania dróg bitych. Aby nawierzchnia była trwała, potrzeba: 1. aby materiał był odporny na działania atmosferyczne i działania ruchu; nie powinna go woda rozmiękczać, a mrozy rozsądzać; winien być możliwie twardy, spoisty (nie kruchy) i mało ścieralny; 2. aby był jednolity i równomiernie zużywał się; 3. aby dobrze się wiązał; w tym celu kawałki tłucznia winny być możliwie jednakowej wielkości, posiadać forme kanciastą, najlepiej trójkątnej piramidy (czworosćian); tłuczeń ze słabszych gatunków kamieni winien być grubszy, z mocniejszych drobniejszy; 4. w uwalcowanej warstwie tłucznia wolna przestrzeń pomiędzy kawałkami tłucznia winna być wypełniona lepiszczem, zwykle mianem, otrzymywanym przy tłuczeniu kamienia; rzadziej używa się gruboziarnistego piasku lub żwiru (przy tłuczniu z wapienia); gliny na lepiszcza bezwzględnie nie używać.

Nie wszystkie materiały, używane do dróg bitych, mają wszystkie wymienione zalety; często zadowolnić się musimy ze względów finansowych gorszymi materiałami, ale zato znajdującymi się w pobliżu.

Skaly pochodzenia wulkanicznego stanowią naogół dobry materiał; należą tu: a) ziarniste, jak granity, dioryty, sienity, gabro i inne; b) porfirowe, jak porfiry, melaufiry, bazalty, andezyty i inne; c) gnejsy. —

W Polsce materiały te najczęściej spotykamy w postaci kamieni narzutowych. Północna część Polski do linii Siniawka—Kobryń—Chełm—Lublin—Radom—Częstochowa przeważnie buduje drogi bite z głazów narzutowych, zbieranych po polach lub kopanych w złożach morenowych; w wielu miejscach kamienie narzutowe już są wyczerpane lub są na wyczerpaniu i zachodzi potrzeba sprowadzania materiału z dalszych stron. Głazy narzutowe

mają tę ujemną stronę, że nie stanowią jednolitego materiału, gdyż spotykamy często nawet po kilkadziesiąt gatunków różnych skał w jednej kupce tłucznia; dlatego materiał ten nierównomiernie zużywa się pod wpływem ruchu, co wytwarza wyboje.

Skały wulkanicznego pochodzenia znajdują się w Polsce również w postaci pokładów i złóż: granity w Tatrach (okolicie Morskiego Oka), dotychczas nieeksploatowane, andezyty w okolicach Czorsztyna i Szczawnicy (nieeksploatowane), porfiry w Miekini około Krakowa (eksploatowane), melafiry w Regulicach ok. Krakowa i diabazy w Niedźwiedziej Górze około Tenczyńska pod Krakowem (eksploatowane), granity, gnejsy i dioryty w dolinie rzeki Korezyna (na Wołyniu na granicy Rzeczypospolitej), oraz na wschód od stacji Sarny przy linii kolejowej Sarny—Kijów: pokłady granitowe stanowią tam płytę o powierzchni przeszło  $1200 \text{ km}^2$ , wychodzącą na wierzch, w wielu miejscach eksploatowaną w sposób pierwotny i w zakresie niewielkim. Wreszcie mamy bazalt w Berestowcu na Wołyniu około Równego (eksploatowany dotychczas dość pierwotnymi sposobami i na małą skalę) i w Podłużnem również na Wołyniu około Równego (dotychczas nieeksploatowany).

Skały osadowe stanowią naogół gorszy materiał, niż skały pochodzenia wulkanicznego. Do lepszych gatunków zaliczyć można krzemienie, piaskowce kwarcytowe [dobre kamieniołomy w Zagnańsku pod Kielcami i około gór Świętokrzyskich, około Sandomierza (Międzygórz), Chyrowa, Lwowa (Winniki, Huta Szezerzecka, Suchodół i inne), w Delatynie, w dolinie Pruta, w okolicach Łucka itd.]; piaskowce wapienne i iłowate (Skole, Kozy); wapienie przeważnie dają materiał słabszy, a niektóre gatunki są nawet zupełnie nieprzydatne do budowy i utrzymania dróg.

Materiały sztuczne na tłuczeń uż. rzadko: szlaka z wielkich pieców, materiał twardy, ale nie wiążący się, oraz klinkier, dający tłuczeń względnie trwały, ale nie wiążący się. W Polsce tłuczeń klinkierowy uż. w okolicach Zamościa.

Przygotowanie tłucznia może być ręczne albo maszynowe. Ręczne, przy pomocy młotków  $1,5\text{--}3,0 \text{ kg}$  wagi, wymaga wprawy robotnika. Wydajność dzienna pracy robotnika waha się od  $0,5$  do  $2,0 \text{ m}^3$  i więcej, w zależności od twardości i spoiwości kamienia i wprawy. Przy tłuczeniu ręcznym otrzymuje się tłuczeń lepszy niż przy maszynowym: równiejszy, mniej miału. Przy tłuczeniu kamienia na tłuczeń objętość jego zwiększa się o  $8\text{--}10\%$  w stosunku do objętości użytego na tłuczeń kamienia. Ustawia się go w stosach formy prawidłowej — w stożkach lub przymatach — o jednakowej objętości dla łatwiejszego określania objętości.

Tłuczenie mechaniczne wykonywa się przy pomocy specjalnych maszyn-tłukarek. Tłukarki takie bywają stałe w kamieniołomach o wielkiej wydajności i przenośne dla tłuczenia materiału, nagromadzonego wzdłuż drogi; wydajność przenośnych stosunkowo mała. Najwięcej rozpowszechnione tłukarki szczękowe, mniej używane stożkowe. Wydajność od jednego do kilkudziesięciu  $\text{m}^3$  tłucznia na godzinę. Tłuczeń otrzymany maszynowo zw. gorszy od ręcznego: zawiera nierównomierne kawałki i znacznie więcej miału  $15\text{--}30\%$  (przy tłuczeniu ręcznym  $12\text{--}15\%$ ). Doświadczenia inż. Hessa z tłukarką szczękową fabryki Friedricha w Dreźnie dały rezultaty zestawione na tablicy 10, str. 98.

Walcowanie (walkowanie) stanowi bardzo ważny czynnik w budowie i utrzymaniu dróg bitych: dobrze wykonane walcowanie da dobrą i trwałą nawierzchnię; złe pod względem technicznym lub niedbale wykonane da złą i nietrwałą nawierzchnię nawet przy użyciu pierwszorzędnych materiałów.

Konne walce (wałki) obecnie używane ważą  $3\text{--}8 \text{ t}$ : cz. waga może być powiększona o  $1\frac{1}{2}\text{--}3 \text{ t}$  (ciężar zmienny) przez obciążenie walca hermetycznie zamkniętego pokrywami z dwóch stron — wodą, lub przez napełnienie



Tablica 10.

| Gatunek kamienia | Podział tłucznia według grubości ziarna w % |                                |                                   | Zwiększenie objętości tłucznia w stosunku do objętości kamienia przed potłuczeniem w % |
|------------------|---|--------------------------------|-----------------------------------|--|
|                  | gruby<br>< 6,5 cm<br>w średnicy             | średni<br>< 5 cm<br>w średnicy | mielony<br>< 2,5 cm<br>w średnicy |  |
| Gabro . . . . .  | 44  | 39                             | 17                                | 7  |
| Diabaz . . . . . | 34  | 45                             | 21                                | 6  |
| Bazalt . . . . . | 40  | 40                             | 20                                | 11   |
| Wapień . . . . . | < 7 cm<br>29                                | < 5,5<br>48                    | < 2,5 cm<br>23                    |  |

ziemią lub kamieniami skrzyń, zawieszonych na ramie wałka. Dla uniknięcia nawracania dwa dyszle. Ciśnienie wagi wałka na *cm* bieżący obwód koła wynosi 30–60 *kg*, rzadko do 70–100 *kg*. W wałcu fabryki Braci Gajzler w Warszawie ciśnienie wynosi ok. 30 *kg* na *cm* b. obwodu koła, przy obciążeniu dodatkowym po napełnieniu bębna wodą, a skrzyń ziemią lub kamieniami dochodzi do 60 *kg*, co dla walcowania dróg bitych z twardego tłucznia jest za mało. Należy od razu walcować dłuższe odcinki po 300–500 *m*, by nie przeprzęgać często koni.

Walce (wałki) parowe i spalinowe w ostatnich czasach coraz bardziej wypierają walce konne. W rzucie poziomym schemat takich wałców przedstawia się jak na fig. 98, rzadziej jak na fig. 99. Ciężar 3–25 *t* i więcej.

Do walcowania nowych dróg bitych trzeba mieć walce lżejsze (8–12 *t*)

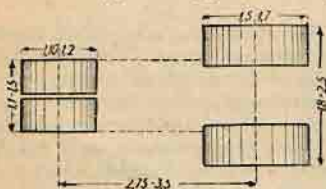


Fig. 98.

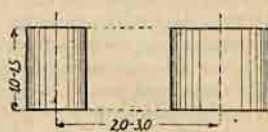


Fig. 99.

i cięższe (> 12 *t* — dla kończenia walcowania). Dla naprawy dróg bitych (pogrubiania nawierzchni, walcowania łat) przy twardym materiale cięższe (15–20 *t*).

Niektóre walce mają dodatkowe obciążenia.

Ciśnienie na 1 *cm* b. obwodu 50–150 *kg*. Silniki o mocy 15–50 HP. Preżność pary w czasie pracy 6–15 atmosfer. Silniki spalinowe na benzynę, ropę lub naftę bywają o mocy 20–60 HP, dwucylindrowe lub czterocylindrowe.

Zalety wałców parowych: niekapryśny prosty silnik, wymagający mniej starannej obsługi niż spalinowy; ujemne strony: potrzeba dowozu dużej ilości paliwa i wody, niemożność pracy przy kotłach leżących na stromych i długich wzniesieniach z powodu możliwości przepalenia rurek opłomkowych; dość duża waga: zw. co najmniej 8 *t*.

Zalety wałców spalinowych: możliwość mniejszej wagi (od 3 *t*), nie trzeba dowozić w czasie roboty paliwa i wody, możliwość pracy na wzniesieniach; wada — zbyt skomplikowany i kapryśny silnik, wymagający starannej obsługi.

Odcinki, walcowane przy pomocy walców mechanicznych, nie powinny być dłuższe niż 100—150 m, aby walcowany odcinek jak najprędzej mógł być ukończony.

Wykonywanie walcowania. Rozpoczyna się z brzegów nawierzchni pasami możliwie z dwóch stron jezdni w jednym kierunku — w kierunku przyszłego ruchu (po prawej stronie jezdni); przechodzi się na następny pas ku środkowi nawierzchni po podwalcowaniu pasów skrajnych do takiego stopnia, aby przed walcem nie tworzyła się fala wypieranego przezeń tłucznia. Gdy fala ta przestanie się ukazywać, przystępuje się do stopniowego „miałowania” — zasypywania drobnym tłuczniem lub żwirem. Walcowanie winno odbywać się na mokro; gdy niema deszczu, walcowany tłuczeń stale, ale umiarkowanie należy polewać wodą.

Walcowanie uważać należy za ukończone, gdy po zamiałowaniu tłuczeń pod kołami wozów przestanie się rozsuwać, wydając charakterystyczny chrzęst. Zawartość miału w nawierzchni drogi bitej nie powinna być większa niż 15—20% objętości; większa zawartość miału w nawierzchni dowodzi nieumiejętnego walcowania, np. zbyt wczesnego miałowania itp.

Wydajność dzienna walcowania przy 10-godzinnym dniu pracy walca 14-tonnowego przy szybkości ruchu 0,7—1,0 m/sek. przeciętnie wynosi:

|  |                      |
|--|----------------------|
| dla tłucznia z porfiru . . . . .                               | 20—40 m <sup>3</sup> |
| dla tłucznia z bazaltu . . . . .                               | 40—60 m <sup>3</sup> |
| dla tłucznia z granitu, augitu i kamieni narzutowych . . . . . | 50 m <sup>3</sup>    |
| dla tłucznia z wapienia muszlowego . . . . .                   | 50—80 m <sup>3</sup> |
| dla tłucznia z wapienia jurajskiego . . . . .                  | 40—60 m <sup>3</sup> |
| dla tłucznia ze żwiru . . . . .                                | 30—70 m <sup>3</sup> |

Ilość przejść po jednym miejscu, potrzebna do zupełnego uwalcowania tłucznia, zależy jest od wielkości ciśnienia walca na nawierzchnię drogi, rodzaju tłucznia, grubości warstwy walcowanej, jakości pokładu (fundamentu), oraz od pogody. Dla dróg pozamiejskich wystarcza przy walcach mechanicznych cięższych 25—50 przejść, w wyjątkowych razach przy twardym kamieniu i trudnych warunkach do 100—150 przejść. Wydajność pracy walców parowych przy twardym tłuczniu jest większa o 20%, przy miękkim o 40%, niż walców konnych.

Koszta uwalcowania 1 m<sup>3</sup> tłucznia przy twardym tłuczniu wynosiły przed wojną przy użyciu walca parowego o 36%, przy miękkim o 31% mniej, niż przy użyciu walca konnego. Koszta te jeszcze bardziej się zmniejszają (do 43%) przy naprawach częściowych (łataniu) nawierzchni drogi bitej.

Inż. A. Rodcewicz podaje nast. tablicę norm pracy przy walcowaniu dróg bitych (p. tablica 11).

Tablica 11.

| Objętość<br>wysypki m <sup>3</sup> | Grubość<br>wysypki cm | Walec konny                     |       |       |                     |        |        | Walec parowy                    |       |       |                     |        |        |
|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------|-------|---------------------|--------|--------|---------------------------------|-------|-------|---------------------|--------|--------|
|                                    |                       | Na całą wysypkę                 |       |       | Na 1 m <sup>2</sup> |        |        | Na całą wysypkę                 |       |       | Na 1 m <sup>2</sup> |        |        |
|                                    |                       | Ilość dni walcowania (10-godz.) |       |       |                     |        |        | Ilość dni walcowania (10-godz.) |       |       |                     |        |        |
|                                    |                       | Kategoria tłucznia              |       |       |                     |        |        | Kategoria tłucznia              |       |       |                     |        |        |
|                                    |                       | I                               | II    | III   | I                   | II     | III    | I                               | II    | III   | I                   | II     | III    |
| 122                                | 3,85                  | 6,88                            | 8,39  | 9,90  | 0,0357              | 0,0436 | 0,0514 | 4,08                            | 4,84  | 5,69  | 0,0212              | 0,0251 | 0,0291 |
| 300                                |                       | 10,00                           | 12,00 | 14,00 | 0,0333              | 0,0400 | 0,0467 | 6,00                            | 7,00  | 8,00  | 0,0200              | 0,0233 | 0,0267 |
| 350                                | 6                     | 11,28                           | 13,42 | 15,56 | 0,0322              | 0,0383 | 0,0444 | 6,81                            | 7,88  | 8,94  | 0,0194              | 0,0225 | 0,0256 |
| 400                                | 7                     | 12,44                           | 14,67 | 16,89 | 0,0311              | 0,0367 | 0,0422 | 8,66                            | 8,67  | 9,78  | 0,0189              | 0,0217 | 0,0244 |
| 450                                | 8                     | 13,50                           | 15,75 | 18,00 | 0,0300              | 0,0350 | 0,0400 | 8,25                            | 9,38  | 10,50 | 0,0183              | 0,0208 | 0,0233 |
| 500                                | 9                     | 14,44                           | 16,67 | 18,89 | 0,0289              | 0,0333 | 0,0378 | 8,89                            | 10,00 | 11,11 | 0,0178              | 0,0200 | 0,0222 |
| 550                                | 10                    | 15,28                           | 17,42 | 19,56 | 0,0278              | 0,0317 | 0,0356 | 9,47                            | 10,54 | 11,61 | 0,0172              | 0,0192 | 0,0211 |
| 600                                | 11                    | 16,00                           | 18,00 | 20,00 | 0,0267              | 0,0300 | 0,0333 | 10,00                           | 11,00 | 12,00 | 0,0167              | 0,0183 | 0,0200 |
| 650                                | 12                    | 16,61                           | 18,42 | 20,22 | 0,0256              | 0,0283 | 0,0311 | 10,47                           | 11,38 | 12,28 | 0,0161              | 0,0175 | 0,0189 |
| 700                                | 13                    | 17,11                           | 18,67 | 20,22 | 0,0244              | 0,0267 | 0,0289 | 10,89                           | 11,67 | 12,44 | 0,0156              | 0,0167 | 0,0178 |
|                                    | 14                    |                                 |       |       |                     |        |        |                                 |       |       |                     |        |        |



Tablica powyższa daje normy na 1 km drogi bitej o szerokości jezdni = 5 m przy walcowaniu walcami o przeciętnej wadze warstw tłucznia, rozsypianych na starych drogach bitych lub na nowych na kamiennym podkładzie lub też na dolnej warstwie tłucznia już uwalcowanej.

Kategoria tłucznia I oznacza tłuczeń miękki: z wapienia lub piaskowca, kategoria II z porfiru, słabszych granitów itd., kategoria III oznacza tłuczeń twardy i trudno walcujący się: z piaskowca kwarcytowego, twardych granitów, bazaltów, twardych kamieni narzutowych itd.

**Utrzymanie dróg bitych.** Drogi bite wymagają starannego i systematycznego utrzymania, które polega na następujących czynnościach:

a) **Oczyszczanie nawierzchni z kurzu i błota** bądź ręcznie przez robotników przy pomocy miotł i skrobaczek, bądź przy pomocy specjalnych maszyn, ciągniętych przez konie lub poruszających się przy pomocy silników na nich ustawionych. Wydajność pracy tak ręcznej jak i maszyn bardzo rozmaita w zależności od rodzaju materiału, nawierzchni, oraz rodzaju i intensywności ruchu. Zebrany kurz lub błoto zgarnia się w kupki na poboczach i w chwili odpowiedniej przerzuca się za rowy lub wywozi.

b) **Naprawa nawierzchni.** Są trzy systemy: 1. system łatania; 2. system pogrubiania nawierzchni (perjodycznego) czyli system odnowy i 3. system mieszany.

1. **System łatania** polega na łataniu wybojów i dziur w nawierzchni: oczyszcza się z błota wybój lub dziurę; o ile nawierzchnia nie jest jeszcze przełamana, oskarduje się powierzchnię wyboju, aby uczynić ją szorstką, zasypuje się tłuczniem i ubija, względnie uwalcowywa walcem, przytem tłuczeń należy polewać. O ile łatanie odbywa się bez ubijania lub uwalcowywania tłucznia, duża jego ilość (do 60%) zużywa się nieprodukcyjnie. Systemu łatania, o ile nie jest wywołany koniecznością ratowania drogi przed zrujnowaniem, należy możliwie unikać, gdyż daje nierówną nawierzchnię i dużą nieprodukcyjną stratę materiału.

2. **System odnowy** czyli perjodycznego pogrubiania nawierzchni polega na pogrubianiu całych kilometrów, względnie całych hektometrów, przez rozsypianie warstwy tłucznia odpowiedniej grubości i uwalcowanie go po uprzednim zoskardowaniu starej nawierzchni ręcznie lub maszynowo. Przy normalnej gospodarce winien być opracowany plan systematycznego pogrubiania na zasadzie pomiarów grubości nawierzchni, przeprowadzanych co 3—4 lata na każdym kilometrze, a nawet hektetrze. Plan należy tak ułożyć, aby zużycie (starcie) materiału w nawierzchni wskutek ruchu na drodze w ciągu danego okresu, na jaki ma starczyć pogrubienie, nie było większe od dopuszczalnego i bezpiecznego dla całości nawierzchni. Zwykle pogrubienie oblicza się tak, aby przy ruchu intensywnym starczyło nie mniej niż na 4 lata, przy słabszym na 6 i więcej.

3. **System mieszany** polega na stosowaniu jednoczesnem systemu łatania i systemu pogrubień, sprowadzając pierwszy do granic możliwie małych i stosując go jedynie w celu niedopuszczenia powstawania większych uszkodzeń jezdni.

**Zużycie nawierzchni drogi bitej** zależy od rodzaju materiału, z jakiego nawierzchnia jest wybudowana, oraz rodzaju i intensywności ruchu, jaki się po niej odbywa.

Z praktyki inżynierów drogowych bańskich posiadamy dane o zużyciu nawierzchni dróg bitych przez zwykły ruch kołowy, zestawione na tablicy 12.

c) **Inne roboty przy utrzymaniu dróg bitych:** zbieranie „tułaczy“, tj. luźnych kamyków na nawierzchni, wyrównywanie poboczy w celu zachowania spadku poprzecznego, oczyszczanie rowów itp., wykonywane są w miarę potrzeby przeważnie przez droźników, rzadziej przy pomocy najętych robotników.

Tablica 12.

| Rodzaj materiału<br>na tłużeń | Zużycie roczne materiału w m <sup>3</sup> na 1 km przy 5 m szerokości<br>jezdni na drogach z napięciem ruchu koni na dobę |                |                 |                  |                  |                   |         |
|-------------------------------|---|----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|---------|
|                               | < 30  | od 30<br>do 50 | od 50<br>do 100 | od 100<br>do 250 | od 250<br>do 500 | od 500<br>do 1000 | > 1000  |
|                               | VII   | VI             | V               | IV               | III              | II                | I       |
| Doleryt.....                  | 6—12  | 12—16          | 16—22           | 22—32            | 32—42            | 42—60             | 60—114  |
| Bazalt.....                   | 8—12  | 16—20          | 20—30           | 30—40            | 40—55            | 55—80             | 80—150  |
| Porfir I gat..                | 8—16  | 16—20          | 20—27           | 27—40            | 40—50            | 50—75             | 75—140  |
| „ II gat..                    | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—48            | 48—63            | 63—90             | 90—170  |
| „ III gat..                   | 12—25   | 25—32          | 32—45           | 45—65            | 65—85            | 85—120            | 120—230 |
| „ średnio ..                  | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—50            | 50—65            | 65—95             | 95—180  |
| Dioryt, sienit..              | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—50            | 50—65            | 65—95             | 95—180  |
| Gnejs.....                    | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—50            | 50—70            | 70—100            | 100—190 |
| Granit I gat..                | 8—16  | 16—20          | 20—28           | 28—40            | 40—55            | 55—75             | 75—145  |
| „ II gat..                    | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—50            | 50—70            | 70—100            | 100—190 |
| „ III gat..                   | 15—30   | 30—35          | 35—50           | 50—70            | 70—95            | 95—140            | 140—260 |
| „ średnio ..                  | 10—20   | 20—35          | 35—35           | 35—55            | 55—70            | 70—100            | 100—190 |
| Ambibolit.....                | 10—20   | 20—25          | 25—35           | 35—55            | 55—70            | 70—100            | 100—190 |
| Łupek szyfrowy                | 8—16  | 16—20          | 20—28           | 28—40            | 40—55            | 55—75             | 75—145  |
| Wapień I gat..                | 8—16  | 16—24          | 24—32           | 32—49            | 49—70            |                   |         |
| „ II gat..                    | 10—20   | 20—30          | 30—40           | 40—60            | 60—85            |                   |         |
| „ III gat..                   | 18—26   | 26—38          | 38—51           | 51—77            | 77—110           |                   |         |

6. Drogi bite smołowane. W celu uniknięcia tworzenia się kurzu i błota, oraz zapobieżenia destrukcyjnemu wpływowi na drogi bite ruchu samochodów stosuje się smołowanie dróg bitych; w Polsce chwilowo zaniechane ze względu na koszty.

Używane materiały. Smoła z węgla kamiennego, otrzymana przy suchej destylacji, używa się po podgrzaniu do 105° C i po usunięciu płynów amonjakalnych i części lotnych; z biegiem czasu na powietrzu twardnieje, kruszeje i traci elastyczność. Smoła drzewna używana rzadko, jak również nafta i produkty jej destylacji. Najlepszy materiał stanowi smoła asfaltowa naturalna, następnie wytapiana z piaskowców bitumicznych; jest najtrwałszym materiałem, niewrażliwym na zmiany atmosferyczne; woda jej nie łąguje; dla nadania topliwości i płynności dodaje się do smoły asfaltowej olejów naftowych lub olejów, otrzymywanych przy suchej destylacji węgla kamiennego.

Smołowanie powierzchniowe. Polega na polewaniu gorącą smołą suchej, oczyszczonej od kurzu powierzchni drogi bitej, zasypaniu miałem i ewentualnie uwalcowaniu. Smoła przenika 5—10 mm wglęb, w nawierzchni i ewentualnie zamiatowanej — głębiej. Smołowanie wystarcza w zależności od ruchu i klimatu od pół roku do dwóch lat; dawało przed wojną dobre wyniki techniczne i duże oszczędności. Smoły wychodzi od 1,5 do 3,0 kg na m<sup>2</sup>. Polewanie ręczne lub przy pomocy specjalnych maszyn, które mogą zasmołować do 3000—4000 m<sup>2</sup> powierzchni dziennie.

Dla związania kurzu na czas krótszy (kilka dni — kilka tygodni) niekiedy bywa stosowane polewanie nawierzchni emulsjami olejów skalnych, tj. mieszanina 10—15% do 20% olejów skalnych z wodą. Jeszcze bardziej krótkotrwale jest polewanie dróg bitych rozcżynami soli chłonnących wodę i utrzymujących nawierzchnię stale w stanie nieco wilgotnym przez wchłanianie z powietrza pary; nazywane są rozczyzny chlorku magnezowego i chlorku potasowego.

Smołowanie wgłębne — polega na polewaniu gorącą smołą tłuźnia i na utworzeniu z takiego tłuźnia nawierzchni przez walcowanie



warstwy tego tłucznia na pokładzie z kamienia lub bez tegoż. Niekiedy smoła polewa się tłuczeń już po uwalcowaniu; po uwalcowaniu tłucznia posypuje się nawierzchnię kilkocentymetrową warstwą miazdy i jeszcze waleuje; nawierzchnia drogi bitej smolowanej wymaga dokładnej znajomości techniki tego rodzaju robót i wyborowych materiałów.

**7. Bruki.** a) Bruki zwykłe (z kamienia łupanego [łamanego] lub polowego). Ten rodzaj bruku najprymitywniejszy z pośród innych, w Zachodniej Europie prawie zupełnie zarzucony, w Polsce dzięki taniości i brakowi odpowiednich materiałów dla bruków ulepszonych będzie jeszcze długo stosowany.

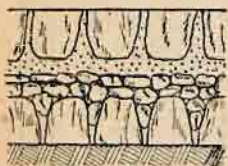


Fig. 100.

Układa się z kamieni narzutowych, dobieranych podług pewnej wielkości (okrągłaków lub płytowanych, tj. robijanych na mniejsze z większych) lub z odłamków skał dobowanych w kamieniołomach. Używa się kamieni trwałych, przede wszystkim gatunków pochodzenia wulkanicznego; osadowe

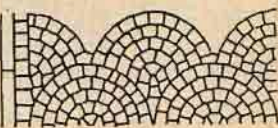


Fig. 101.

— piaskowce i wapienie — nie wszystkie nadają się do bruku. Wysokość kamieni 12—20 cm; czoło kamienia winno być możliwie płaskie o wymiarach co najmniej 10 cm na szerokość i długość; kamienie powinny mieć formę nie bulwowatą, ale wydłużoną. Przy brukowaniu dobiera się je podług wysokości: wyższe — przy brzegu drogi, niższe — pośrodku. Układać należy ściśle,

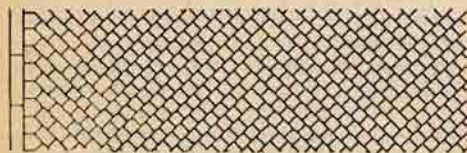


Fig. 102.

przewiazując szwy tak, aby w kierunku ruchu na drodze nie było szwów długich przez kilka rzędów kamieni. Po ułożeniu bruk należy zaćwiekować tłucznem, ubić i zasypać piaskiem. Bruki takie układa się przy gruncie przepuszczalnym wprost na gruncie; przy

gruncie nieprzepuszczalnym — na warstwie gruboziarnistego, gr. 15—20 cm.

Zaletą: taniość i łatwość budowy; wady: bałaśliwość, przepuszczalność, trzeskość, kurz i błoto. Jeden brukarz może ułożyć dziennie 12—30 m<sup>2</sup> bruku w zależności od warunków roboty i jej organizacji.

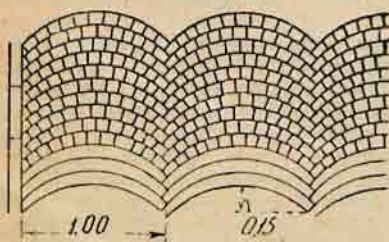


Fig. 103.

b) Bruki kostkowe. Układa się zawsze na fundamencie: na warstwie żwiru lub piasku, możliwie gruboziarnistego, o grubości 15—20 cm lub na pokładzie kamiennym, wybudowanym, jak w nawierzchni drogi bitej systemu Trésaguet gr. 15—25 cm z kliniastych kamieni, ułożonych ostrzem do góry, zaćwiekowanych tłucznem; pokład ten ubija się ręcznie lub uwalcowywa (często (w miastach) na pokład uż. też betonu 1:2:4 do 1:3½:7 (najcz. 1:3:6) w warstwie

gr. 15—25 cm. Na fundamencie kamiennym lub betonowym daje się 3—5 cm warstwę piasku dla utworzenia sprężystej poduszki między kostkami a fundamentem i zniwelowania różnic w wysokościach poszczególnych kostek (fig. 100).

Materiał na kostki należy brać twardy, trudno ścierający się: bazalt, granit, andezyt, porfir, diabaz itp., rzadziej piaskowce kwarcytowe i inne.

Obecnie prawie wyłącznie używa się kostek formy równoległościannu z niewielkiem zważeniem ku dołowi o 1—2 cm (kliniasta kostki); rzadziej są to kostki o formie sześciannu z takimże zważeniem, t. zw. pieńki.

Wysokość 12—18 cm; przy dostawach dopuszcza się różnicę w wysokościach do 2 cm. Szerokość 8—10 lub 12—13; dopuszczalna różnica w szerokościach do 2 cm. Długość kostek różna — od 16 do 30 cm.

Najcz. układa się kostki rzędami prostopadłymi do osi drogi, rzadziej pod 45° do niej. Szwy przewiązywać; szerokość szwów między rzędami 3—8 mm. Po ułożeniu kostki ostrożnie ubija się. Na skrzyżowaniach dróg rzędy kostek układa się tak, aby kierunek ruchu nie szedł w kierunku rzędów.

Wypełnianie szwów: piaskiem — najtańsze, lepsze — zaprawą cementową, najlepsze — asfaltem litym w stanie gorącym.

Bruk kostkowy należy do najdroższych, ale znosi ciężki i gesty ruch — do kilku tysięcy koni w wozach ciężarowych na dobę, jest higieniczny, bo nieprzepuszczalny, daje mały opór ruchu, jest dość hałaśliwy, szczególnie po pewnem zużyciu, gdy kostki z wierzchu zaokrągla się. Gdy zaokrąglenie to stanie się przykrem dla ruchu, obciosywanie kostek dla wyrównania ich czoła nie oplaca się i należy kostki dać nowe.

c) Bruki mozaikowe. Nadają się głównie na nawierzchnię na drogach o ruchu dość gęstym, ale lekkim, zarówno na ulicach miejskich, jak odcinkach podmiejskich dróg zamiejskich. Układa się w różne desenie (fig. 101, 102, 103, 104, 105) z kostek o czole kwadratowym, o formie zbliżonej do sześciannu, jednak ze zważeniem do dołu. Wymiary kostek zwykle 8—10 cm i nawet 7—9 cm przy twardych gatunkach kamienia (przy dostawach wania dopuszczalne do 2 cm); rzadziej używa się większych kostek o wy-

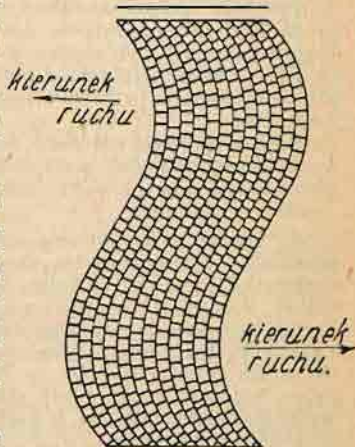


Fig. 104.

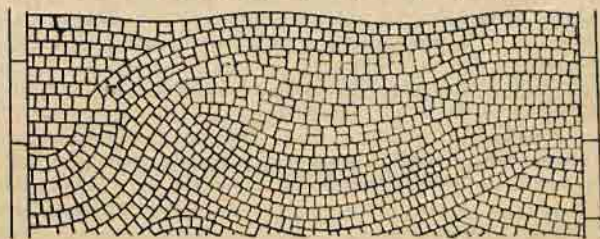


Fig. 105.

miarach 10—12 cm. Powierzchnia dolna wskutek zważonej formy kostek bywa do 30% mniejsza niż górna.

Układa się bruk mozaikowy zawsze na fundamencie kamiennym lub betonowym z warstwą piasku na wierzchu grubości 2—3 cm dla zniwelowania różnic w wysokościach kostek i utworzenia sprężystej poduszki; niekiedy do warstwy piasku dodaje się cementu, co tworzy chudą zaprawę cementową. Szwy zapelnia się piaskiem lub zaprawą cementową, rzadko zaprawą asfaltową, z domieszką piasku lub pyłu piskowego ze względu na



koszty. Aby nawierzchnia się nie rozsuwała, musi posiadać mocne ramy (krawężniki) z dużych kostek lub specjalnych krawężników z boków drogi; także ramy muszą być wpoprzek drogi na początku i końcu drogi.

Szerokość szwów pomiędzy kostkami — 3 mm najwyżej, 5 mm w kątach; szwy winny być starannie przewiązywane.

Materiał na kostki winien być możliwie twardy, łatwo łupać się i mało ścierać się: dobre są bazalty, andezyty, granity drobno- i średnio-ziarniste, porfiry itp.

Trwałość bruków mozaikowych jest znaczna: przy dość silnym ruchu — do 1000 koni na dobę — dobrze zbudowane bruki mozaikowe nie wymagają znaczniejszych napraw po 15—20 lat.

Ilość startego materiału w bruku mozaikowym bywa 6—7 razy mniejsza, niż na drodze bitej z takim samym ruchem, zbudowanej z takiego samego materiału.

Bruk mozaikowy jest cichy, nieprzepuszczalny, słabszy, niż bruk z dużych kostek, względnie mało śliski. Nie należy stosować go na drogach często rozkopywanych, gdyż wznowiony źle się łączy z nawierzchnią poprzednio wykonaną.

d) Bruki klinkierowe. Używane w miejscowościach pozbawionych materiałów kamiennych lub tam, gdzie klinkier jest tańszy, niż sprowadzane kostki kamienne. W Polsce używane są w okolicach Lublina, Zamościa, Sokała; w ostatnich czasach zaczynają wychodzić z użycia. Gлина odpowiednia na klinkier winna przy temperaturze 800—1000° C i najwyżej 1200° C zeszkląć się, zachowując formę nadaną (formę cegieł); wypalanie odbywa się w specjalnych piecach (w Zamojszczyźnie — systemu Mondheima). Forma klinkieru zwykle bywa zbliżona do formy cegieł; w Zamojszczyźnie wymiar 67 . 133 . 266 mm; w Ameryce 64 . 102 . 216 lub 51 . 102 . 216 mm.

Klinkiery układa się na warstwie żwiru lub piasku możliwie gruboziarnistego, grubości 15—20 cm, lub na pokładzie kamiennym (syst. Trésaguet) lub betonowym z warstwą 3—5 cm piasku na wierzchu. Z brzegu jezdni winny być krawężniki, zapobiegające rozsuwaniu się bruku klinkierowego. Cegły układa się rebem rzędami prostokątami do osi drogi lub pod 45° do niej; wreszcie można układać je w jedlinkę. Szwy wypełnia się piaskiem, rzadziej zaprawą cementową lub asfaltem.

Własności klinkieru: Wytrzymałość na zgniecenie klinkieru zamojskiego wynosi 900—1000 kg/cm<sup>2</sup>, amerykańskiego 700—1400 kg/cm<sup>2</sup>, holenderskiego tylko 500—600 kg/cm<sup>2</sup>; ścieralność jest większa niż granitu. Nasiąkliwość 5—10% wagi własnej (nasiąkliwość cegły zwykłej 20—40%). Ciężar gatunkowy 2,0 do 2,5.

Klinkier daje jezdnię odpowiednią dla ruchu średniego, niezbyt ciężkiego, gładką z małym współczynnikiem oporu.

e) Inne rodzaje bruku. Bruki drewniane p. dział: Ulice; bruki z kostek sztucznych ze szlaki, z prasowanego betonu, topionego bazaltu itp. nie grają dotychczas poważniejszej roli i znajdują się w fazie prób.

## 8. Drogi betonowe.

W ostatnich czasach technika budowy dróg betonowych, szczególnie w Ameryce, zrobiła olbrzymie postępy. Do budowy stosuje się różne maszyny. Nawierzchnia bywa jednowarstwowa — z betonu

jednakowego na całej grubości nawierzchni — i dwuwarstwowa — z dolną warstwą z chudszego betonu i górną warstwą z tłustszego.

Jednowarstwowe — przeważnie używane w Ameryce — o grubości 16—18 cm. Skład betonu 1:1½:3, rzadziej 1:2:4.

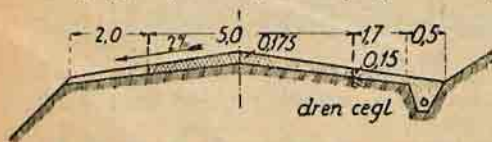


Fig. 106. Przekrój amerykańskiej drogi betonowej.

Przy dwuwarstwowej nawierzchni dolna warstwa o grubości 15—20 cm przy silnym ruchu, 14—15 cm przy średnim ruchu; górna warstwa grubości 5 cm; skład betonu w górnej warstwie 1:0,75:2,75 do 1:1:1; tłuczeń w tej warstwie winien być drobny, kanciasty.

W celu uniknięcia pęknięć nawierzchni z powodu wahań temperatury daje się poprzeczne szczeliny co kilka metrów (6—10 m), a czasami co kilkanaście i kilkadziesiąt (do 30 m); szerokość szczelin 5—8 mm, najwyżej do 12 mm; wypełnia się je wojłokiem lub tekturą, napojoną smołą asfaltową. W celu uniknięcia pęknięć stosuje się też wkładki (uzbrojenie) żelazne  $\phi$  do 20 mm, układane w odległości 150 mm od brzegu nawierzchni i szczelin poprzecznych, lub też siatkę żelazną.

Nawierzchnia betonowa nadaje się do dróg ze średnim ruchem kołowym; dobrze znosi ruch samochodowy, szczególnie osobowy, jest higieniczna, bo nieprzepuszczalna, daje mało kurzu, ale zato jest śliska i na większych spadkach nie może być stosowana. Duże trudności przedstawia naprawa nawierzchni betonowej, wymagająca zamknięcia ruchu na czas kilkotygodniowy.

#### 9. Drogi asfaltowe. Patrz dział: Ulice.

10. Tory żelazne na drogach kołowych. Dla umożliwienia bardzo ciężkiego ruchu na drogach, gdy nawierzchnia nie może go wytrzymać, urządza się czasem tory jezdne (fig. 107) z szerokich szyn żelaznych, rozstawionych tak, aby wozy ciężarowe mogły się po nich toczyć. Urządzenia takie są bardzo drogie, mają tę niedogodność, że wzdłuż szyn tworzą się z biegiem czasu rowki.

11. Wybór nawierzchni dróg. Na wybór rodzaju nawierzchni wpływają względy techniczne i ekonomiczne.

Względy techniczne wymagają od nawierzchni: trwałości na ruch i wahań temperatury, szorstkości, w zależności od której dopuszczane są wielkości wzniesień, łatwości i szybkości napraw, łatwości oczyszczenia, nieprzepuszczalności (nie-nasiakliwości), cichości.

Względy ekonomiczne wymagają: minimum kosztu budowy nawierzchni i minimum kosztów utrzymania nawierzchni, obliczonych na przeciąg okresu, w ciągu którego może istnieć wybudowana nawierzchnia danego rodzaju.

W chwili obecnej z powodu nieustalenia się cen wogóle, a w Polsce w szczególności, nie można podać stosunku między obecnymi kosztami budowy i utrzymania różnych nawierzchni dróg.



Fig. 107.

### IV. Zadrzewianie dróg.

Jest to obowiązek zarządów drogowych; o ile jednak za rowami drogowymi niema pasa nieuprawnionego, stanowiącego własność drogi lub serwitut drogi względem gruntów przyległych, obowiązek zadrzewiania takich dróg należy do właścicieli gruntów przyległych.

Drzewa nieowocowe. Należy sadzić te drzewa, które rosną bujnie i zdrowo w okolicy na takich ziemiach, jaka jest przy drodze. W ziemiach żyznych należy sadzić lipy, klony, rzadziej dęby (rosną zbyt wolno), graby, wiazy, w ostateczności kasztany; w ziemiach wapiennych i skalistych: buki, dęby, jesiony; w ziemiach lekkich akacje, brzozy; w ziemiach wilgotnych olszę błotną, w ostateczności wierzbę; wogóle wierzbę i topole udają się prawie wszędzie. Przy drogach wązkich sadzić należy drzewa i krzewy mniejsze; jarzębiny, głogi itp.; iglaste — wtedy, gdy do drogi należy



szerszy pas gruntu: na gruntach suchych — sosnę, na wilgotnych świerk zwykły, w lekkich i piaszczystych — świerk kolący, w skalistych — jodłę.

Drzewa owocowe należy sadzić w tych miejscowościach, gdzie można się spodziewać, że je uszanuje miejscowa ludność; o ile miejsce pozwala, lepiej drzewa owocowe sadzić za rowami: grusze i czereśnie w ziemiach żyznych, jabłonie w ziemiach wilgotnych na mdach i próchnicach; śliwy — w ziemiach wilgotnych; wiśnie — w ziemiach lekkich i piaszczystych.

Drzewa przydrożne sadzić należy na brzegu korony drogi, jeżeli szerokość jej nie jest mniejsza niż 7,0 m; przy węższych drogach należy sadzić drzewa na pasach przydrożnych za rowami; drzewa posadzone na koronie należy zabezpieczyć obojami: dużymi kamieniami lub mocno wkopanymi słupkami (pachołkami). Odległość drzew większych — 10 m, mniejszych 6—8 m. Przy drogach węższych niż 6 m sadi się drzewa mniejsze jednym rzędem na koronie od strony południowej lub zachodniej. Na drogach z płaskimi ściekami (przekrój typu amerykańskiego) drzewa bez względu na szerokość drogi winny być sadzone za rowami.

Żywopłoty sadzone zawsze za rowami, mają za zadanie ochronę pól od przechodniów lub też ochronę od zasypywania drogi przez śniegi lub lotne piaski; sadi się grab, głóg, różę dziką, akacje syberyjską, ligustr, żywotniki i inne.

Na nasypach wyższych niż 1,5 m zamiast ustawiania poręczy lub słupków ochronnych (pachołków) sadi się gaście drzewa — co 2—3 m — najczęściej wierzbę.

## V. Ochrona od zasp śnieżnych.

Zaspy śnieżne na drogach powstają w płytkich wykopach ( $h < 4$  m) i rzadziej, na wysokich nasypach ( $h > 15$  m).

Śnieg, pędzony po równinie i napotykający przeszkodę w postaci płotu pełnego (bez otworów), zatrzymuje się przed i za przeszkodą w postaci zasp



Fig. 108.



Fig. 109.

o skarpie od strony kierunku wiatru 1:3 do 1:5, a za przeszkodą w postaci zaspy o skarpie 1:8 do 1:12 (fig. 108). Jeżeli mamy ażurową przeszkodę (np. sztachety), wtedy tworzy się zaspą najpierw formy oznaczonej linią pełną, przy dłuższej śnieżycy tworzy się zaspą formy oznaczonej linią przerywaną (fig. 109). W celu ochrony dróg od zasp śnieżnych w miejscach, gdzie zaspy często się powtarzają, ustawia się stałe osłony śniegowe

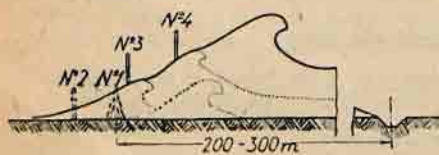


Fig. 110.

(parkany, żywopłoty) lub przenośne (tarcze z desek lub dranic, plecione z wikliny parkany przenośne itp.); czasami wetknięte w ziemię lub w wał ze śniegu gałęzie drzew iglastych zastępują osłony śniegowe. Osłony śniegowe szczególnie należy ustawiać wzdłuż niegłębokich wykopów ( $h < 4-5$  m) w odległości od brzegu

wykopu tak dobranej, aby cała ilość śniegu, jaka może być nawiana przy zwykłych zawiejach, powtarzających się w danych miejscowościach, mogła zatrzymać się przed osłoną i za osłoną — pomiędzy nią i brzegiem wykopu. Osłony ustawia się po jednej lub po obydwóch stronach drogi w zależności od tego, czy zawieje bywają przy wiatrach z jednej, czy

z obydwóch stron. Obstawione osłonami winny być również przejścia z wykopu w nasyp.

Większe zasy śniegowe przy długotrwałych śnieżycach można powstrzymać przez stopniowe przestawianie osłon śniegowych (fig. 110). Nr. 1, 2, 3 i 4 oznaczają kolejne pozycje, zajmowane przez osłony śniegowe z dranic.

Śnieg, pokrywający jezdnię dróg, usuwa się przy pomocy trójkątów śniegowych, ciągniętych przez konie (fig. 111). Jednym trójkątem można oczyścić

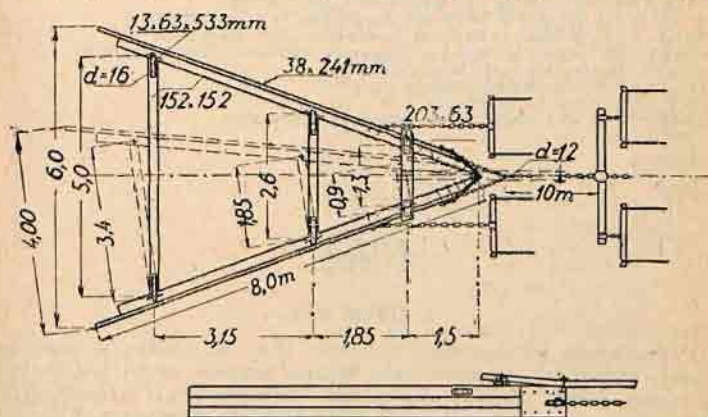


Fig. 111.

dziennie 15—20 km drogi przy grubości śniegu 15—30 cm. Dla przepuszczania przechodzących po drodze wozów trójkąty mogą być składane (na fig. 111 linja punktowana).

## VI. Prawodawstwo i administracja.

Gospodarka drogowa w Polsce opiera się na ustawie o budowie i utrzymaniu dróg publicznych w Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 grudnia 1920 r., oraz na ustawie o przepisach porządkowych na drogach publicznych z dnia 7 października 1921 r. Na podstawie tych ustaw są wydane rozmaite rozporządzenia i przepisy wykonawcze. Ustawy i rozporządzenia ogłaszane są w Dzienniku Ustaw Rz. Polskiej, w „Monitorze Polskim”, oraz dawniej w „Robotach Publicznych”, obecnie w „Czasopiśmie technicznem”, organie urzędowym Ministerstwa Robót Publicznych. Zbiór ustaw i rozporządzeń, dotyczących się gospodarki drogowej, wydanych od wskrzeszenia Rzeczypospolitej do dnia 1 stycznia 1923 r., wydany jest w osobnej książce, do której dodawane będą uzupełnienia.

## LITERATURA.

### a) Polska.

- Pancer F.: O budowie i utrzymaniu dróg bitych i zwyczajnych. Wydal T. Przesmycki. Warszawa 1895.  
 Kühnel: Drogi i ulice. Lwów 1916.  
 Szuk Z.: Podręcznik do budowy dróg bitych, gruntowych i ulic miejskich. Warszawa 1918.  
 Nestorowicz M.: Współczesna technika budowy i utrzymania dróg gruntowych. Warszawa 1919.  
 Bratro E.: Budowa i utrzymanie dróg kołowych. Podręcznik dla średniego personelu drogowego. Lwów 1921.  
 Kühnel A.: Drogi. Lwów 1922.



- Nestorowicz M.: Sprawa drogowa w Polsce. Warszawa 1922.  
 Nestorowicz M.: Zbiór ustaw i rozporządzeń, dotyczących się gospodarki drogowej za czas od 11 listopada 1918 do 1 stycznia 1923. Warszawa 1923.  
 Nestorowicz M.: Materiały do budowy i utrzymania dróg. Warszawa 1924.

b) Obca.

- Durand-Claye C.: Cours de routes. Paris 1906.  
 Limasset L.: Cours de routes. Paris 1918.  
 Le Gavrian P.: Les chaussées modernes. Paris 1922.  
 Aitken Th.: Road Making and Maintenance. London 1907.  
 Baker J. O.: A Treatise of Roads and Pavements. New York 1907.  
 Byrne A. T.: A Treatise of Highway Construction. New York 1907.  
 Blanchard A.: American Highway Engineer's Handbook. New York 1919.  
 Loewe F.: Straßenbaukunde. Wiesbaden 1906.  
 Laidlo, von, F.: Straßenbau. Leipzig 1907.  
 Birk A.: Der Wegebau. Wien 1919.  
 Doubelir G. D.: Gorodskija ulice i mostowyja. Kijów 1912.

## Ulice.

### I. Układ ulic.

1. Przekroje poprzeczne. Położenie ulicy w mieście, w jego sieci ulicznej, nadaje jej charakter, typ, którego pierwszą cechą jest przekrój poprzeczny. Zasadnicze typy ulic są dwa: mieszkaniowy i komunikacyjny, z nieprzebraną mnogością kombinacji pośrednich, mieszanych. Ulice wyłącznie mieszkaniowe, krótsze od 100 m, mogą być jednorotorowe bez chodników, fig. 112 i 113, lub z jednostronnym chodnikiem, fig. 114 i 115. Jeśli są dłuższe

lub załamane, to urządzona powinna być mijanka, lepiej tarcza dla nawracania. Długość jednorotorowych ulic między dwiema ulicami nie może być większa od 250 m. Rozstaw linii regulacyjnych i linii obudowania zależy od rodzaju pieter, względnie wysokości budynków itd.).

Przykłady ulic mieszkaniowych z jezdnią dwutorową por. fig. 116—121. Chodniki w nich zazwyczaj niesymetryczne, szerszy po stronie słonecznej. Przekroje te nadają się do ulic mieszkaniowych naszych miast wielkich, na większość ulic miast średnich i małych.

Wzory ulic o jezdni trzytorowej przedstawiają fig. 122—125. Stosowane są dla wszystkich ruchliwszych ulic naszych miast wielkich i dla głównych arterii w miastach średnich i małych.

Jezdnie czterotorowe bardzo ruchliwych ulic w miastach wielkich często rozdziela się na 2 pasma po 5,00 m lub po 7,50 m, gdy leżą w nich tory tramwajowe, fig. 126—127 (por. str. 111).

Szersze jezdnie trafiają się wyjątkowo.

Ponieważ jezdnia jest droższa od chodnika (w budowie, utrzymaniu i oczyszczaniu), więc daje się jej oszczędne wymiary, ewentualny nadmiar przerzucając na chodniki. Słupy wszelkiego rodzaju należy stawiać w od-

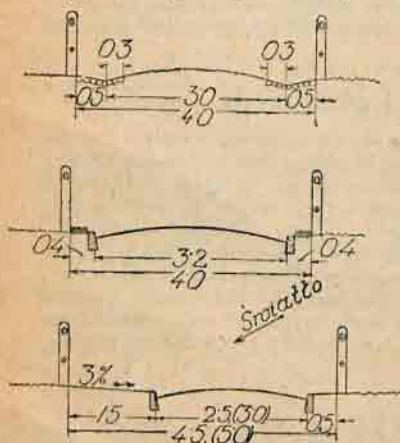


Fig. 112, 113 i 114.