



BIBLIOTEKA ŻOŁNIERSKA  
PODRECZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ ZAWODOWYCH  
NR 13

Inż. RUDOLF MOLISZ

# BUDOWA I UTRZYMANIE DRÓG



WSZECHŚWIATOWY KOMITET  
ZWIĄZKÓW MŁODZIEŻY  
CHRZEŚCIJAŃSKIEJ W GENEWIE  
S Z W A J C A R I A

Pod redakcją Komitetu Kulturalno Oświatowego 2. D.S.P., nakładem YMCA i drukiem pisma żołnierzy polskich internowanych w Szwajcarii „Goniec Obozowy“, ukazały się dotąd następujące wydawnictwa:

---

### I. PODRĘCZNIKI DLA ŻOŁNIERSKICH SZKÓŁ POWSZECHNYCH

- Nr 1. Bronisław LISTWAN, Wypisy polskie, str. 300 i 8 tabl.
- Nr 2. Adam SANOCKI, Dzieje Polski w zwięzłym zarysie str. 266 + XII i 16 tabl.
- Nr 3. Inż. Bohdan JASTRZĘBIEC, Chemia, str. 40 i 13 rys. w tekście
- Nr 4. Krzysztof GRODECKI, Geografia, str. 354, Mapa Polski i 249 rys. w tekście
- Nr 5. Ignacy J. KLIMASZEWSKI, Rachunki, str. 268 i 161 rys.
- Nr 6. J. ŁODYGO i F. NADWÓRNIAK, Przyroda, str. 122 i 53 rys.
- Nr 7. L. EBERMAN i T. WRÓBLEWSKI, Fizyka, str. 60 i 80 rys.
- Nr 8. Adam BRZOZA, Państwo i obywatel, str. 84
- Nr 9. Dr Karol MITKIEWICZ, Nauka o zdrowiu, str. 84 i 65 rys.

### II. PODRĘCZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ ZAWODOWYCH

- Nr 1. Mgr Wincenty WOJLIKIEWICZ, Materiałoznawstwo ogólne, str. 126 i 5 rys. w tekście
- Nr 2. Inż. Antoni BUKOWIECKI, Metaloznawstwo, str. 63 + III i 35 rys. w tekście
- Nr 3. Tsg Kazimierz DONIMIRSKI, Kuźnictwo, str. 39 + III i 16 tablic z 101 rys.
- Nr 4. Mirosław MOSIŃSKI, Obróbka cieplna metali, str. 43 + III, 11 tabel i 13 tablic z 53 rys
- Nr 5. Inż. Zbigniew KOPCZYŃSKI, Odewnictwo, str. 32 z 33 rys. w tekście.
- Nr 6. Inż. Antoni MICHALIK, Obróbka metali przez skrawanie, str. 129 + VII, 5 tabel i 56 tablic z 256 rys.
- Nr 7. Inż. Stanisław KUBASZEWSKI, Instalacje elektryczne, str. 141 + III, 61 tablic z 280 rys.
- Nr 8. Jerzy BORKOWSKI i Jerzy BUCZKIEWICZ, Podstawy elektrotechniki, str. 161 + 6 tabel i atlas (56 tablic) z 214 rys.
- Nr 9. Marcin PRUGAR i Andrzej OLSZOWSKI, Stolarstwo, str. 122 i atlas (60 tablic) z 222 rys.
- Nr 10. Inż. Maciej MISCHKE, Budownictwo wodne, str. 38 + IV i 44 tablic z 82 rys.
- Nr 11. Inż. Czesław KAMELA, Miernictwo, str. 117 + II i atlas (77 tablic) z 229 rys.
- Nr 12. Inż. Mieczysław ŚWIBA, Roboty ziemne (w druku)
- Nr 13. Inż. Rudolf MOLISZ, Budowa i utrzymanie dróg, str. 181 + III + 2 tabele i atlas (53 tablice) z 170 rys.

### III. ŻOŁNIERSKIE KURSY POCZĄTKOWE

- 1. St. SERB i J. ŚLĄSKI, Podręcznik do nauki czytania i pisanía, str. 99. Nadto nakładem YMCA i drukiem pisma „Goniec Obozowy“

### IV. PRZYJACIEL OBOZOWY

- Nr 1. Wypisy, część I — III (str. 123) i część IV — VIII (str. 173). Wydawnictwo przeznaczone dla Polaków, przebywających w obozach jenieckich.
- Nr 2. Inż. Stanisław JARZĘBIŃSKI, Silniki spalinowe na paliwo płynne i gazowe oraz urządzenia w pojazdach mechanicznych, str. 433 + VIII z 125 rys. i 1 tablicą barwną.

Inż. RUDOLF MOLISZ

# BUDOWA I UTRZYMANIE DRÓG



S. 69

0.87

S.05

Pod redakcją Komitetu Kulturalno-Oświatowego 2 DSP.  
Drukiem pisma polskich żołnierzy internowanych „Goniec Obozowy“

625.74



6833

PODRĘCZNIK PRZEZNACZONY DLA NADZORCÓW DROGOWYCH

55/k/56

Copyright :  
WORLD'S ALLIANCE OF THE  
YOUNG MEN'S CHRISTIAN ASSOCIATION  
(Y.M.C.A.)  
Geneva 1945  
Printed in Switzerland



C Z E Ś Ć I

## ROZDZIAŁ I

### ZASADY PROJEKTOWANIA DRÓG

#### A. Uwagi ogólne o trasowaniu

Pod trasowaniem drogi rozumiemy ustalenie w terenie osi drogi czyli trasy, przy równoczesnym nadaniu jej odpowiednich kierunków i pochyleń. Trasowanie musi być wykonane z uwzględnieniem warunków technicznych i gospodarczych oraz wymagań wojskowych.

Zajmiemy się najpierw trasowaniem z punktu widzenia technicznego. Przede wszystkim musi nam być znany rodzaj projektowanej drogi, tzn. musimy wiedzieć czy chodzi o arterię ruchu dalekobieżnego i komunikacji bezpośredniej jak np. autostrada, czy też o drogę o znaczeniu miejscowym dla ruchu mieszanego lub tylko konnego, albo wreszcie o drogę leśną dla transportu drzewnego, potrzeb miejscowych itd.

Dalej musimy być zorientowani czy droga przebiegać będzie w terenie płaskim, nizinnym, czy też pagórkowatym lub górskim. Każdy rodzaj drogi wymaga pewnej celowej szerokości, najbardziej korzystnych i ekonomicznych dla przyszłego ruchu pochyleń, oraz odpowiednich najmniejszych dopuszczalnych promieni łuków.

Drogi dalekobieżne, przeznaczone dla ruchu ciężkiego i o dużych szybkościach, wymagają tras o możliwie prostych kierunkach, by zezwolić pojazdom na rozwijanie znacznych prędkości. By cel ten osiągnąć w terenie np. pogórkowatym lub górskim, trzeba niejednokrotnie liczyć się z koniecznością wykonania ogromnych robót ziemnych i budową kosztownych dzieł sztuki technicznej w rodzaju mostów, wiaduktów, tuneli itp. Miejscowości napotymane po drodze muszą być omijane i pozostawione poza obrębem szybkiego ruchu dalekobieżnego.

W dalszych rozważaniach komunikacją dalekobieżną zajmiemy się bardziej ogólnie, kładąc główny nacisk na drogi o ruchu mieszanym konnym i samochodowym, jakimi np. w Polsce były drogi państwowe, wojewódzkie, powiatowe lub gminne.

Przy trasowaniu należy kierować się następującymi wskazaniem:

1. Trasa łącząca punkt wyjściowy z końcowym musi być, przy uwzględnieniu wszystkich warunków technicznych i gospodarczych, możliwie najkrótsza.

2. Celem zmniejszenia kosztów budowy drogi należy trasę w granicach celowości prowadzić terenowo, tzn. po powierzchni terenu, zmniejszając wykopy i nasypy do minimum.

3. Zmianę kierunku drogi przeprowadzić stopniowo. Najmniejszy promień krzywizny nie powinien przekraczać dopuszczalnej granicy.

4. Pochylenia drogi muszą być dostosowane do warunków terenowych (teren płaski, pagórkowaty, górski), oraz do rodzajów pojazdów, które z danej drogi będą korzystać. Przy trasowaniu drogi nie należy zapominać o względach estetycznych (brzydota dużych wykopów i wielkich nasypów).

5. Przechodząc po dolinie należy trasę umieszczać u jej podnóża, ponieważ tam najczęściej położone są miejscowości, które będziemy chcieli powiązać i tam znajdziemy najłatwiejsze warunki terenowe korzystne dla wzniesień, spadków, promieni łuku itd.

6. Drogi dolinowe o ile możliwości trasować po stronie słonecznej tj. na zboczach południowych lub zachodnich. Jeżeli mamy do czynienia ze zboczami bardzo stromymi i urwistymi, wybieramy stok wymagający mniej budowli sztucznych (tunele, mury, wiadukty, mosty), oraz wygodniejszy i tańszy dla późniejszego wykonania.

Często jednak wysokie stany wód w rzekach, liczne ostre wodospady, albo bardzo szerokie ujścia rzek, przecinające poprzecznie dolinę (oszczędność na kosztownych długich mostach), mogą nas zmusić do kierowania trasy na partie wyżej położone.

7. W dolinach o bardzo stromych u podnóżu zboczach lepiej jest z trasą przechodzić wyżej, by przyszłej drodze zapewnić dogodniejsze warunki schnięcia i nasłonecznienia

8. Przy przekraczaniu szerokiej doliny należy rozważyć, czy rozwinięcie drogi i obejście doliny górą nie będzie tańsze od bardzo kosztownego mostu lub wiaduktu. Gdyby tak nie było, trzeba do przekroczenia wybrać miejsce możliwie najwęższe i najdogodniejsze.

9. Grzbiety górskie powinno się przekraczać w miejscach najniższych (siodła, przełęcze). Pominięcie tej możliwości musi mieć swoje uzasadnienie.

10. Należy unikać przejść przez bagna, osuwiska, osypiska górskie, tektoniczne rumowiska, rynny skalne, jak również przejść przez tereny lawiniaste lub zagrożone spadającymi głazami i kamieniami.

Jeżeli inaczej nie można, trzeba przy przekraczaniu usuwisk i osypisk unikać wykopów, projektując drogę w niskich nasypach. Napotykanie rynny skalne najlepiej przeprowadzać ponad lub pod drogą. Wykonanie przepływu w poziomie drogi osiąga się szerokim dobrze obrukowanym płaskim ściekiem.

Podstawy dla trasowania ze względu na uwarstwienie gruntu podają rysunki 1 i 2.

Nasyp 1 znajduje się na suchym, wodoprzepuszczalnym gruncie piaszczystym. Celem zabezpieczenia nasypu przed zsunieniem się po warstwie marglowego podłoża można wykonać od strony stoku w gruncie marglowym rów odwadniający. Wykopanie rowu w wodoprze-

puszczalnym piasku minęłoby się z celem. W wypadku zbyt dużej odległości od nasypu rów można zastąpić sączkiem kamiennym.

Nasyp II wykonany jest na nieprzepuszczalnym gruncie ilastym. Dla odwodnienia wystarczają obustronne rowy, położone u stóp skarpy.

Nasyp III spoczywa częściowo na marglu, częściowo na wapieniu. Z powodu różnej ścisłości obu tych gruntów należy liczyć się z nierównomiernym osiadaniem nasypu. Jeżeli powierzchnia gruntu jest pozioma, zakładanie rowów jest zbędne.

Nasyp IV położony jest na zwietrzalej skale. Przy gruncie morenowym i pochyleniu górnej powierzchni terenu wskazane jest zabezpieczenie nasypu przed rozmyciem.

Wykop I w gruncie piaszczystym (rys. 2) Z uwagi na bardzo dobrą wodoprzepuszczalność tego gruntu nie jest wymagane żadne specjalne odwodnienie.

Wykop II w gruncie marglowym. Podłoże nawierzchni należy umieścić na odpowiednio grubej warstwie żwiru, aby je zabezpieczyć od zamulenia.

Wykop III wcina się lekko w nieprzepuszczalną warstwę łu, przecinając jednocześnie warstwę wodonośną. Konieczne jest uchwycenie wody przy pomocy drenowania.

Wykop IV całkowicie w ile. Odwodnienie następuje drogą odprowadzenia wody studzienkami przez warstwę marglu w głąb do warstwy wapienia. Prawostronna skarpa od strony stoku powinna być dodatkowo odwodniona sączkami kamiennymi.

Wykop V leży całkowicie w gruncie przepuszczalnym. Rów ochronny od strony stoku należy wciąć aż do warstwy łu.

11. Trasowanie na stokach urwistych (w górach) przedstawia niejednokrotnie bardzo poważne trudności. Należy zwracać baczność uwagę na uwarstwienie skał. Wskazane jest unikać uwarstwień z pochyleniem w stronę doliny, gdyż przez podcięcie stoku zachodzi niebezpieczeństwo obrywania się lub osuwania całych bloków skalnych.

### Trudności trasowania na stokach górskich

a) Trudny dowóz materiałów budowlanych, sprowadzanych najczęściej z dolin, podraża kosztą budowy. Niejednokrotnie transport jest osiągalny przez budowę kolejek linowych itp. kosztownych i kłopotliwych urządzeń.

b) Na niezalesionych stokach istnieje niebezpieczeństwo lawin.

c) Przez budowę drogi mogą być zagrożone położone poniżej grunty. Muszą być stosowane środki ochronne, zabezpieczające nasypy i odkłady robót ziemnych od rozmycia lub spłynięcia na tereny niżej położone. Często zachodzi potrzeba wykupna tych terenów.



d. Im bardziej stromy stok, tym większe są trudności z zakładaniem fundamentów pod budowle drogowe, zwłaszcza jeśli przecina się grunty morenowe.

e. Trasowanie na stoku stwarza przychylny warunki do tworzenia się osuwisk.

Zabezpieczające od lawin galerie ochronne, budowane w formie masywnych sklepień, pod naciskiem dodatkowego ciężaru spływającej lawiny mogą naruszyć warunki równowagi narzutu kamiennego, na którym są fundowane. W takich wypadkach wskazane jest budowanie konstrukcji lżejszych np. z drzewa lub żelazo-betonu (rys. 3).

Przy projektowaniu dachu przykrywającego galerię, należy unikać wszelkiego załamania płaszczyzn. utrudniającego łagodne i gładkie spłynięcie lawiny. Zbyt silne załamanie toru lawiny może wywołać podrzucenie jej i opadnięcie na dach galerii z silnym uderzeniem, a w dalszej konsekwencji przekształcenie się jej w lawinę pyłową. Przed mniejszymi osuwiskami śnieżnymi wystarczyć może zabezpieczenie zwykłą ścianą przeciwniezną lub, gdy droga przebiega w wykopie, mur oporowy o takiej wysokości, aby jego korona wznosiła się ponad skarpę wykopu (rys. 4 i 5).

Strome stoki wymagają często wysokich murów oporowych z bardzo głębokimi kosztownymi fundamentami, zwłaszcza na gruntach osypiskowych (rys. 6). Niejednokrotnie lepiej opłaca się w miejsce grubych i drogich murów wykonać przejście lekkim wiaduktem, przykrywającym tylko tę część drogi, która w przekroju poprzecznym znajduje się w nasypie. Rys. 7 pokazuje jedno z tego rodzaju rozwiązań.

Odnosnie punktu e. nadmienić trzeba, że osuwiska mogą powstać tam, gdzie przechodząc w lekkim lub nawet częściowym tylko wykopie przecinamy warstwy skalne pochylone w stronę drogi. Szczególnie niebezpieczne są skały wapienne o cienkim uwarstwieniu, poprzedzielanym warstwami drobnej glinki, która w porze deszczowej lub topnienia śniegów nabiera charakteru śliskiej mazi, ułatwiając; znakomicie obsuwanie się skały (rys. 8).

W takim terenie radzimy sobie, dając skarpy wykopu mały kąt nachylenia (rys. 9). Gdyby, z uwagi na duże roboty ziemne, okazało się to jednak zbyt kosztowne, można zastosować podparcie murem, nie zapominając w obu wypadkach o należyтым odwodnieniu skarpy i drogi od strony stoku (rys. 10).

## B. Wykształcenie drogi w planie

Jak poprzednio wspomniano, szybki ruch samochodowy wymaga projektowania dróg o możliwie prostych kierunkach i unikania łuków. Utrzymanie tej zasady jest łatwiejsze w terenie płaskim i nizinnym aniżeli w terenie pagórkowatym lub górskim. Pofałdowany kształt terenu górzystego zmusza nas do przystosowania się i wielokrotnego odchylenia od linii prostej. Trasując drogę i nadając jej formę linii krę-

tej — poza względami technicznymi należy pamiętać o stronie estetycznej i wartościach widokowych projektowanej arterii komunikacyjnej.

## 1. Promienie łuków i jednostronne pochylenie nawierzchni w łuku

Krzywizny drogi mają wpływ na rodzaj i natężenie przewidywanego na niej ruchu. Im dłuższy pojazd i większa jego szybkość poruszania się, tym trudniejszy przejazd po ostrych łukach wąskiej drogi.

Na drogach o ruchu mieszanym najmniejszy dopuszczalny promień łuku ustala się dla samochodu ciężarowego lub autobusu.

Pojazdy konne, przewożące kłocę długości 15 — 20 m, wymagają promieni łuków 10 — 20 m. Podobnie zwykły samochód ciężarowy, jeśli chce się mu zapewnić bezpieczne wyminięcie drugiego wozu, stawia żądanie nie mniejsze.

W czasie przejazdu samochodu po łuku należy stworzyć warunki, przy których:

- a. nie nastąpi wywrócenie wskutek działania siły odśrodkowej,
- b. nie nastąpi zsuniecie się w kierunku poprzecznym do drogi,
- c. zapewniona będzie dobra widoczność jazdy.

Pierwsze dwa warunki będą spełnione, jeśli zastosuje się jednostronne pochylenie poprzeczne nawierzchni drogi, które w najmniejszej swojej wartości nie powinno schodzić poniżej 2‰, w najwyższej może dojść przy ruchu mieszanym do 6‰, dla dróg wyłącznie samochodowych do 10‰.

Wskazane jest dobieranie możliwie dużych promieni łuków. Dla dróg o ruchu wyłącznie samochodowym w terenie pagórkowatym: nie mniej niż 800 m, w płaskim, nizinnym: powyżej 1200 m, w górskim: powyżej 400 m.

Na niemieckich drogach państwowych najmniejsze dopuszczalne promienie wynoszą:

— w terenie nizinnym . . . . .	300 m
— w terenie pagórkowatym . . . . .	200 m
na drogach krajowych I klasy 150 względnie	100 m
na drogach krajowych II klasy 150 względnie	80 m.

Droga projektowana terenowo, tzn. wpisana w teren, przy stosowaniu względnie małych promieni łuków często przecina liczne potoki, dla których musi się budować kłopotliwe i drogie w wykonaniu przepusty kaskadowe; przepusty te nierzadko ulegają zatłokowi wskutek zamulenia lub zaszutrowania.

Większe promienie łuków odsuwają drogę od naturalnych stoków terenowych na obszary bardziej płaskie, pozwalając na zakładanie przepustów zwykłych, tańszych nie tylko w budowie lecz i w utrzymaniu, gdyż odpada koszt oczyszczania naniesionego mułu.

Na drogach leśnych z przewidywanym przewozem długich kłóców drzewa wystarczy, jak poprzednio podano, promień 20 m, wskazane jest jednak dla wygody ruchu nie schodzić poniżej 30 m.

W Połsce najniższe dopuszczalne promienie łuków podają „Przepisy techniczne projektowania dróg”, wydane przez Ministerstwo Komunikacji pod oznaczeniem nr K. 1. Wielkość promienia uzależniono od kategorii drogi i rodzaju terenu, po której droga ma przebiegać (tablica 1).

Tablica 1

T e r e n	Najmniejszy promień łuku w m		
	Kl. I	Kl. II	Kl. III
płaski i falisty	300	200	100
podgórski	100	50	40
górski	50	50	25

I klasie odpowiadają drogi państwowe, II kl. — drogi wojewódzkie i powiatowe, III kl. — drogi gminne. O zaliczeniu danej drogi lub ulicy miejskiej, stanowiącej odcinek drogi, do jednej z trzech klas, decyduje Ministerstwo Komunikacji.

Stosowanie promieni większych od 1000 m jest niepożądane. Zamiast łuków kołowych mogą być stosowane inne krzywe o zmiennej krzywiznie, nie przekraczające jednak wyżej podanych norm.

Dla spadku jednostronnego i dla dróg o ruchu mieszanym w przekroju poprzecznym używano pochyleń mieszczących się w granicach 5 — 7%, zależnie od wielkości promienia łuku (tablica 2).

W obrębie osiedli, gdy droga ma charakter ulicy zwarto zabudowanej, spadków jednostronnych stosować nie należy.

Tablica 2

Promień krzywizny	Jednostronny spadek jezdni na krzywej w %
R mniejszy od 50 m	7 — 6
R od 50 — 100 m	6 — 5
R od 100 — 300 m	5 — 4
R od 300 — 500 m	4 — 3

## 2. Poszerzenia na łukach

Pojazd przebiegający po łuku wymaga większej szerokości drogi, niż na odcinku prostym. Z tego powodu przy projektowaniu drogi należy w łukach przewidywać pewne poszerzenia jezdni, zależne od wielkości promienia krzywizny, szybkości jazdy i konstrukcji pojazdu.

Praktycznie rzecz biorąc, na drogach o ruchu mieszanym, dla promieni większych od 150 m, poszerzenie jezdni nie wchodzi w rachubę.

Początek poszerzenia zakłada się w  $\frac{2}{3}$  długości krzywej przejściowej, dochodząc do jego największej wartości na początku właściwego łuku o promieniu  $R$  (rys. 11).

Przejście z prostej w łuk osiąga się z pomocą tzw. prostych lub krzywych przejściowych. Jeśli by się krzywych przejściowych nie stosowało, należy poszerzenie w połowie jego wartości rozpocząć na początku łuku, dochodząc do całej wartości w wierzchołku krzywizny. Poszerza się wewnętrzną stroną łuku.

W odpowiedzi na pytanie, po której stronie łuku winno się zakładać poszerzenia, należy trzymać się zasady następującej: przy niewielkich załomach osi drogi, tzn. przy dużym kącie wierzchołkowym, z uwagi na ruch pojazdów ciężarowych (mechanicznych), trzeba jezdnię poszerzać po stronie wewnętrznej (rys. 12).

W ostrych łukach i dla pojazdów konnych, przy promieniach wewnętrznej krawędzi drogi równych lub mniejszych od 10 m, wskazane jest poszerzać drogę od strony zewnętrznej (rys. 13).

Dla promieni osi drogi, znajdujących się w granicach 10–15 m poszerza się po połowie stroną wewnętrzną i zewnętrzną (rys. 14).

Przejście od normalnej szerokości drogi do poszerzonej odbywa się na krzywej przejściowej, której najmniejsza długość ma wynosić 20 m, lepiej jednak 30 — 40 m.

Polskie przepisy Min. Kom. nr K. 1. ustalały dla jezdni dwutorowych na łukach o promieniach mniejszych od 500 m poszerzenie od strony wewnętrznej, zależnie od wielkości promienia, w sposób następujący:

Przy $r = 20$ m	poszerzenie $p = 2,00$ m
50 m	„ $p = 1,00$ m
200 m	„ $p = 0,50$ m
300 m	„ $p = 0,30$ m
500 m	„ $p = 0,00$ m

Dla promieni pośrednich należy wielkość  $p$  interpolować. Przejście od normalnej szerokości do poszerzonej winno być wykonane na odcinku długości 30 m przed i za łukiem. Poszerzenie ma mieć pełną wartość na całej długości właściwego łuku. Przy tej okazji pobocze nie może być zwężane.

## 3. Krzywe przejściowe

Przy wejściu z prostej w łuk rozpoczyna na samochód działać w sposób nagły siła odśrodkowa. By temu zapobiec stosujemy między

prostą i krzywą przejście, którego zadaniem będzie wywołanie stopniowego wzrostu tej sily. W widoku z góry, tj. w planie, wspomniane przejście otrzyma kształt krzywej, stąd nazwa krzywej przejściowej. Stanowi ona złagodzenie przejścia z prostej w zadany łuk, ma przeto promień większy od promienia łuku zasadniczego. Długość przejścia teoretycznie powinna mieć 200-krotną wartość przechyłki. Na autostradach Rzeszy Niemieckiej stosowano krzywą przejściową w formie klotoidy. Krzywa ta w formie spirali ma ciekawą właściwość, że samochód, poruszający się po niej z jednakową szybkością, doznaje równomiernego i stałego skrętu kół sterujących o jednakowy kąt w tym samym czasie.

Według niemieckich tymczasowych przepisów dla projektowania dróg krajowych (Vorläufige Richtlinien für einheitliche Entwurfsgestaltung im Landstrassenbau, Ausgabe 1939) tyczenie klotoidy może być wykonane metodą stycznych przesunięć  $\triangle R$  (rys. 15).

Krzywą przejściową kreśli się podwójnym promieniem  $2R$  łuku zasadniczego ( $R$ ) (rys. 16) z zachowaniem wymiarów zestawionych w tablicy 3 (na końcu książki).

Przy tyczeniu należy się posługiwać wymiarem  $a$ , który równy jest połowie  $L$  z rys. 16, tzn. rzutowi długości połowy łuku przejściowego na styczną. W miejscach trudnych do trasowania  $\triangle R$  i  $R$  muszą być każdorazowo dobierane do kąta środkowego  $\varphi$ , wyznaczanego w czasie trasowania. Wartości min.  $\varphi$  nie powinny być przekraczane, w przeciwnym razie obustronne łuki przejściowe będą się za bardzo zbiegały.

Jeżeli długość łuku  $BL$  (z rys. 17) będzie mniejsza od  $2(a+b)$ , to zasadniczy łuk o promieniu  $R$  zniknie całkowicie, a obie krzywizny przejściowe zetkną się w środku projektowanego łuku. Gdy otrzymany przy trasowaniu kąt  $\varphi$  jest mniejszy od min.  $\varphi$  to należy zastosować większy promień  $R$ , lub zmniejszyć  $\varphi$ .

Tyczenie w terenie ma następującą kolejność: najpierw należy ze środka projektowanego łuku spuścić prostopadłe na przecinające się w wierzchołku  $A$  kierunki proste. Z końców tych prostopadłych odmierzyć w obie strony odcinki  $a = L/2$  (rys. 16), znajdując w ten sposób punkty  $B$  i  $C$ , tj. początki krzywych przejściowych. Z końców odcinków  $a$  odłożonych w przeciwną stronę wystawiamy prostopadłe ku wewnętrznej stronie łuku, odkładając  $y_1 = 2 \cdot \triangle R$  i znajdując punkty  $G$  i  $F$ , które będą końcami krzywych przejściowych.

Środek łuku  $M$  otrzymamy, jeżeli na stycznych  $BA$  i  $CA$  odmierzymy  $CD = BE = R \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2}$  i z punktów  $E$  i  $D$  wystawimy prostopadłe, których przecięcie da poszukiwane  $M$ . Trzy główne punkty łuku, początek, koniec i środek zostały w ten sposób ustalone.

Przejście ze spadku dwustronnego, daszkowego istniejącego na odcinku prostym drogi, do jednostronnego w łuku, ma miejsce na tzw. rampie przejściowej (rys. 13). Na przestrzeni tej zewnętrzna połowa

jezdni podnosi się stopniowo, osiągając na końcu rampy pochylenie wewnętrznej połowy jezdni ( $m\%$ ). Z tego wynika, że wewnętrzna krawędź drogi nie zmienia swego zasadniczego położenia w stosunku do osi drogi. Omówione zmiany mają miejsce na pierwszych  $2/3$  długości krzywej przejściowej, na pozostałej trzeciej części pochylenie jednostronne wzrasta stopniowo do ostatecznej wartości spadku ( $m - n\%$ ). Tę część nazwiemy odcinkiem powierzchni zwichrowanej, ponieważ istotnie ma ona kształt wichrowaty.

Na całej długości rampy przejściowej zewnętrzna krawędź drogi otrzymuje w profilu podłużnym pewne dodatkowe pochylenie, które nazwiemy spadkiem charakterystycznym rampy. Spadek ten powinien być rozłożony równomiernie na całej długości rampy, a wartość jego nie może schodzić niżej  $0,6\%$ .

Krzywa przejściowa o kształcie klotoidy i wyjaśniony wyżej sposób przejścia z pochylenia daszkowego na prostej do dwustronnego w łuku są najlepszym rozwiązaniem łuku.

W Polsce najchętniej posługiwano się w miejsce krzywej przejściowej prostą przejściową. Proste przejściowe dają załamanie wewnętrznej krawędzi drogi, co przy ostrych łukach w sposób rażąco rzuca się w oczy i nieobeznany z techniką budowy dróg nasuwa przypuszczenie, że drogę wybudowano nieprawidłowo. Należy się jednak liczyć z tym, że w początkowym okresie powojennym technicy chętnie będą się posługiwali starym znanym sobie sposobem, postaramy się przeto zapoznać z nim czytelnika.

Droga ma mieć w łuku poszerzenie  $p$  i przechyłkę jednostronną  $s_1$ . I jedno i drugie musi być przeprowadzone na długości odcinka przejściowego  $L = BE$  tak, aby na właściwym łuku mieć już pełne poszerzenie  $p$  i spadek jednostronny  $s_1$  (Rys. 18).

Aby ułatwić rozważania zakładamy, że droga znajduje się w poziomie, nie ma więc żadnych pochyłości w profilu podłużnym drogi. Mogą zająć 2 wypadki:

- 1) spadek jednostronny  $s_1$  równy jest spadkowi dwustronnemu przekroju daszkowego  $s$ ,
- 2) spadek  $s_1$  jest większy od  $s$ .

Na zasadzie tego co wyżej powiedziano, w wypadku pierwszym na początku prostej przejściowej będziemy mieli spadek daszkowy  $ABC$ , na końcu przechylenie jednostronne  $DEF$  równe  $s$  i przekrój poprzeczny poszerzony o wartość  $p$ . Jeżeli narysujemy profile podłużne niwelety normalnej i dla porównania profile krawędzi zewnętrznej oraz krawędzi wewnętrznej tak jakby poszerzenia nie było, to zobaczymy, że krawędź zewnętrzna ma wzniesienie równomierne  $s_z = h_z : L$ , a wewnętrzna  $s_w = h_w : L$ .

W połowie długości prostej przejściowej przekrój poprzeczny drogi będzie miał wewnętrzną taśmę z pochyleniem niezmiennym, zewnętrzną zaś w poziomie. W wypadku 2 ten sam przekrój przesunie się

ku początkowi prostej przejściowej, tj. w stronę ABC. Odpowiednie spadki będą  $s_z$  i  $s_w$  (patrz rys. 18—2).

Jeżeli dla łuku, który ma być zbudowany, wyrysujemy dokładnie profile podłużne obu krawędzi drogi, to będziemy mogli wytyczyć w terenie poszczególne punkty. Im więcej ich będzie, tym lepiej wykonamy łuk. Powierzchnia drogi odcinka przejściowego jest wchrowata, dla ułatwienia pracy robotnikom dobrze jest napiąć druty wzdłuż krawędzi AD i CF.

Przy przejściu od przekroju daszkowego do jednostronnego otrzymamy na jezdni w punktach A, B, C i F załamania, które mogłyby być nieprzyjemne dla szybko jadących pojazdów mechanicznych (wstrząsy). By tego uniknąć należy te załamania łagodzić łukami pionowymi (rys. 19).

Długość stycznnej łuku pionowego ma być 10 m. Załączona tablica 3 podaje wartości strzałek  $a$  dla różnych promieni tak obliczonych, aby styczne były równe 10 m.

Tablica 3

Promień łuku pionowego w m	Długość stycznnej $t$ w m	Strzałka $a$ w m
300	10	0,100
400	10	0,125
333	10	0,150
286	10	0,175
250	10	0,200
222	10	0,225
200	10	0,250

#### 4. Widoczność boczna w łukach

Niezbędna jest w łukach położonych w wykopie z uwagi na zachowanie bezpieczeństwa ruchu tzw. widoczność boczna.

Długość odcinka widoczności powinna się składać z drogi jaką przejedzie samochód od chwili reakcji wzroku kierowcy dostrzegającego przeszkodę, do momentu rozpoczęcia hamowania, zwiększonej o drogę przebytą w czasie hamowania.

Największą długość tego odcinka otrzyma się gdy dwa pojazdy będą zdążyły ku sobie z przeciwnych kierunków, wtedy bowiem należy brać pod uwagę reakcję wzroku i hamowanie dla obu samochodów.

Tam gdzie łuki położone są w wykopie, mogącym swą pochyłą ścianą skarpy zasłaniać pole widzenia, należy stronę wewnętrzną wykopu poszerzyć tak dalece, by uzyskać potrzebną długość widoczności, albo na wysokości 50—100 cm dać skarpie pochylenie łagodniejsze 1 : 4 (rys. 20).

Długość, na której skarpie nadaje się większe pochylenie, można w dostatecznym przybliżeniu obliczyć ze wzoru:

$$b_s = \frac{s^2}{8 \cdot R}; \quad (R \text{ — promień łuku drogi})$$

Przeszkody widoczności mogą również istnieć i na łukach położonych w poziomie terenu, lub na mniejszych nasypach. Mogą nimi być krzaki, gęste zadrzewienie, zabudowania itp. znajdujące się po zewnętrznej stronie łuku. Jeśli przeszkody nie da się usunąć, należy przynajmniej umieścić odpowiedni znak ostrzegawczy.

Tablica 4 podaje praktyczne wartości poszerzenia wykopu  $m$  (rys. 21).

T a b l i c a 4

Wartość  $m$  dla określenia widoczności bocznej

Promień łuku	Wartość $m$ dla widzialności bocznej na przestrz.			
	50 m	100 m	200 m	300 m
30	13,40	—	—	—
50	6,70	50,00	—	—
100	3,20	13,40	100,00	—
150	2,10	8,60	38,20	150,00
300	1,05	4,20	17,15	40,20
500	0,05	2,50	10,10	23,00

## 5. Serpentyzny i tarcze zwrotne

Przy kącie skrętu osi drogi mniejszym od  $60^\circ$ , co często się zdarza w terenie górskim, stosuje się dla ruchu głównie konnego tzw. tarcze zwrotne (rys. 22).

Promień łuku zewnętrznej krawędzi tarczy powinien wynosić co najmniej 20 m, wewnętrznej zaś nie mniej niż 5 m.

Odcinki tarczy oznaczone na rys. 22 cyframi 1,2 i 1,3 winny być większe od 30—40 m. Środek krzywizny zewnętrznej krawędzi tarczy znajduje się zwykle w wierzchołku przecięcia się wewnętrznych krawędzi drogi. Punkty załomów 2 i 3 należy zaokrąglić promieniem również nie mniejszym od 20 m.

W terenie górskim, gdy ruch jest bardziej ożywiony, stosuje się w miejscu tarcz zwrotnych serpentyzny, wybierając w tym celu o ile możliwości miejsca bardziej płaskie. Serpentyzny są wygodniejsze dla przejazdu i dzięki większej długości pozwalają na znaczne zmniejszenie spadku podłużnego. Ta niewątpliwa korzyść pociąga za sobą pewne zwiększenie kosztów budowy drogi. By ułatwić kierowcy samochodowemu przejazd po serpentyinie, stosowane są krzywe przejściowe, znacznie jednak krótsze niż w drogach nizinnych, ponieważ w ogóle, z uwagi na ostre skręty, szybkości rozwijane przez samochody są nie-



wielkie. Celem zmniejszenia kosztów budowy należy stosować najmniejszy dopuszczalny promień łuku, dobierany zwykle dla największego kąta skrętu przednich kół pojazdu. Zazwyczaj promień ten jest nie mniejszy od 15 m.

Poszerzenie drogi na serpentynie nie przedstawia na ogół większych trudności, gorzej natomiast wygląda sprawa zastosowania korzystnej i właściwej krzywej przejściowej. Po ustaleniu najmniejszego dopuszczalnego promienia krzywizny, należy przeprowadzić wybór sposobu poszerzenia drogi. Można poszerzać na zewnątrz, na wewnątrz, lub równocześnie po obu stronach.

Przy projektowaniu serpentyn linią orientacyjną powinien być profil podłużny wewnętrznej krawędzi korony drogi. Jeśli łuk serpentyny ma swoją wewnętrzną krawędź od strony doliny, należy stosować dość duże jednostronne pochylenia poprzeczne jezdni, dochodzące do 15%.

Rys. 23 pokazuje szwajcarskie normalia dla budowy serpentyn.

Normalna szerokość drogi wynosząca na prostej 6,0 m, poszerza się na serpentynie do 8,0 m. Krzywe przejściowe są parabolami wkreślonymi przy założeniu, że całkowite poszerzenie (punkt A) ma nastąpić mniej więcej poza połowę długości krzywizny, tzn. punkt A ma leżeć na dwusiecznej połowy kąta wierzchołkowego. Środki kół łuków zewnętrznej i wewnętrznej krawędzi mają wspólny punkt położony na linii będącej przedłużeniem dwusiecznej zasadniczego kąta wierzchołkowego drogi. Wspomniany wyżej punkt A jest wierzchołkiem paraboli i jednocześnie początkiem łuku zakreślonego promieniem  $R_1$  ( $= 5,0$  m). Parabola i łuk mają więc w punkcie A wspólną styczną.

Początek paraboli znajdziemy, odkładając na wewnętrznej krawędzi drogi odległość  $SB = BC = t/2$  (rys. 23). Trzy punkty A, B, C wystarczą dla wykreślenia paraboli. Szwajcarskie przepisy ustalają, że najmniejszy promień łuku krawędzi drogi może być większy lub równy 4,5 m. Przy 8,0 m szerokości jezdni daje to najmniejszy dopuszczalny promień zewnętrznej krawędzi równy 12,5 m.

Gdy warunki terenowe zmuszą nas do zastosowania promienia  $R_1 < 4,5$  m, wówczas musimy się uciec do przesunięcia środka łuku wewnętrznej krawędzi drogi z punktu Z do C (rys. 24).

Długość  $h$  obiera się dowolnie, poczem łączymy punkt F z C i z punktu C wystawiamy prostopadłą EC do FC. Punkt A, jako przecięcie prostej EC z łukiem zakreślonym promieniem  $R$ , będzie miejscem zetknięcia się paraboli z łukiem o  $R_1 = 4,5$  m. Długość  $CE = 2 \cdot CD$ . Na prostej AC wybiera się dowolny odcinek AD, wystawiając z jego końca D prostopadłą, następnie zataczając z punktu C łuk o promieniu ED, znajdziemy w jego przecięciu ze wspomnianą prostopadłą punkt paraboli. Powiększając odcinek AD i powtarzając konstrukcję ustalimy następnie punkty paraboli.

Przy zewnętrznym promieniu  $R = 12$  m możliwy jest przejazd po serpentynie dla 7-m. długości autobusu posiadającego kąt skrętu  $37^\circ$ , dopuszczając jednak jazdę po zewnętrznej stronie jezdni.

Wymijanie się na omówionych typach serpentyn dwóch takich autobusów jest niemożliwe.

Rys. 25 pokazuje sposób wykształcenia serpentyn według austriackich przepisów dla ruchu mieszanego.

Promień  $R$  należy dobrać. Punkt 6 otrzymamy na przecięciu się dwóch łuków zakreślonych 7 i z punktu 5 promieniami  $R$ . Punkt 7 leży na przedłużeniu dwusiecznej zasadniczego kąta wierzchołkowego drogi, punkt 5 natomiast na stycznej do łuku w 4. Prowadząc w odległości  $R = 1,5$  m od punktu 6 równoległą do 2,6 otrzymamy kierunek 1,1 zewnętrznej krawędzi drogi, punkt 8 znajdziemy na przecięciu równoległej 3,3 poprowadzonej również w odległości  $R_1 = 1,5$  m od 2,6 z łukiem zatoczonym promieniem  $R$ . Na przedłużeniu 8,7 odkładamy  $2 \cdot R_1 = R_2$  i kreślimy tym promieniem łuk 8—10, który będzie poszukiwaną krzywą przejściową zewnętrznej krawędzi drogi.

Podobnie postępujemy z wewnętrzną krawędzią, dobierając uprzedni promień  $R$ .

Całkowite poszerzenie drogi wymagane jest na przestrzeni łuku pomiędzy KA i KE.

Według austriackich przepisów, całkowite poszerzenie drogi na środku serpentyny ( $e$ ) i w miejscach KA i KE ( $e_m$ ) mają wynosić:

dla $R = 10$ m	$e_m = 3,7$ m	$e_0 = 2,0$ m	$g = 24$ m
15	2,7	1,75	28
20	2,4	1,50	32

$g$  — długość wstawki prostej pomiędzy dwiema zbiegającymi się serpentynami.

Badania wykazały, że korzystniejsze dla ruchu jest konstruowanie serpentyny metodą austriacką.

Dla ruchu mieszanego spadek podłużny serpentyn i tarcz zwrotnych nie powinien przekraczać 2%.

Załamów niwelety w profilu podłużnym na samym łuku serpentyny powinno się bezwarunkowo unikać.

Pomiędzy punktami 1 i 2 (rys. 26) skarpy otrzymają pochylenia bardziej strome, a przy słabych gruntach podpierane są murami. Dla uzyskania lepszej widoczności bocznej wskazane jest po wewnętrznej stronie serpentyny usunięcie wszelkich zasłon czy to naturalnych (drzewa, krzewy), czy sztucznych (parkany), a w razie potrzeby zacięcie zrównanie wszelkich wyniosłości terenowych aż do poziomu powierzchni drogi.

## 6. Wstawki międzyłukowe (rys. 27)

Gdy w trasie drogi wypadną dwa następujące po sobie łuki o przeciwnych zwrotach, to w wypadku niestosowania krzywych przejściowych należy między nimi umieszczać wstawkę o długości co najmniej 20 m, a lepiej 30—40 m. Przewidując dla łuków krzywe

prześciowe możemy wstawki międzyłukowe pominąć lub ich długość zmniejszyć do 8 — 10 m (rys. 28).

Długość obu krzywych przejściowych łącznie z wstawką międzyłukową ma się równać co najmniej długości obu ramp przejściowych.

Gdy następujące po sobie łuki mają zwroty jednakowe staramy się przede wszystkim, by miały równe promienie. Czasami następujące po sobie krzywizny wykształcone są w formie krzywych koszowych. Wadą takiego rozwiązania jest, że poszczególne odcinki łuku wymagają od samochodu różnych szybkości jazdy.

Krótkim wstawkom międzyłukowym nadajemy poszerzenie i pochylenie jednostronne jezdni takie same, jak w sąsiadujących jednokierunkowych łukach.

### C. Wykształcenie dróg w przekroju podłużnym

#### 1. Wzniesienia i spadki

Pochylenia drogi tj. wzniesienia i spadki zależne są od warunków terenowych, rodzaju ruchu i nawierzchni.

Dla pojazdów konnych ustala się największe pochylenie dopuszczalne, czyli tzw. pochylenie miarodajne, w zależności od wagi ładunków, najczęściej przewożonych na danej drodze. Zasadniczo pochylenie to nie powinno być większe od 5% (1 : 20), poniżej bowiem tej granicy przeciętnie silny koń jako siła pociągowa pracuje bez przemęczenia.

Wyjątkowo, wyłącznie na odcinkach krótkich, można stosować pochylenia większe w myśl poniższych danych:

6%	(1 : 17)	na długości	700 — 800 m
8%	(1 : 12,5)	" "	300 — 400 m
10%	(1 : 10)	" "	80 m

Poza tym należy trzymać się wskazówek zawartych w tabelicy 5.

T a b l i c a 5 (według danych austriackich)

Przy spadkach w %	Największe dopuszczalne obciążenie w kg na jednego konia w jedno- lub dwukonnym zaprzęgu, przy szybkości jazdy 1 m/sek.				Uwagi
	Droga bita		Droga polna		
	b. dobra	świeżo szutrowa- na	Bardzo dobra sucha	zła	
0	2000	500	1500	750	
3	1000	350	800	500	
6	650	250	500	350	
10	300	150	250	200	

Posługując się niniejszą tablicą trzeba pamiętać, że siła pociągowa jednego konia w 4-konnym zaprzęgu wynosi tylko 0,8 wartości siły pociągowej przy zaprzęgu 2-konnym.

Pojazdy mechaniczne są zdolne do pokonywania znacznie większych wzniesień niż konne, pod warunkiem zmniejszenia jednak szybkości jazdy. Aby nie przeciążać motoru, należy stosować wzniesienia mniejsze od 15<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla samochodów ciężarowych średnich i lekkich nie więcej jak 20<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Na drogach dalekobieżnych, jak np. autostrady, pochylenia na ogół są znacznie mniejsze, nie przekraczające 4<sup>o</sup>/<sub>o</sub> w terenie płaskim, 6<sup>o</sup>/<sub>o</sub> w terenie pagórkowatym, 7<sup>o</sup>/<sub>o</sub> w terenie górskim, a w wyjątkowo ciężkich warunkach terenowych 8<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Wzniesienia serpentyn i tarcz zwrotnych powinny być niższe od 2 — 2,5<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Na łukach o promieniu mniejszym od 100 m zaleca się stosować redukcję wzniesień; dla promieni mniejszych od 50 m redukcja spadku jest już bezwzględnie wymagana. Ogólnie można przyjąć, że zmniejszenie wzniesień na ostrych krzywiznach powinno wynosić 1/3 do 1/2 wartości pochylenia.

Aby zapewnić drodze dobre odwodnienie, unika się długich poziomych odcinków, projektując w miarę możliwości pochylenia nie mniejsze od 1/2<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Jeśli projektowana droga ma łączyć dwie miejscowości położone na różnych wysokościach, staramy się nadać niwelecie stałe wznoszenie się, gdy zdążamy do miejscowości położonej wyżej, lub stałe opadanie, gdy idziemy w kierunku miejscowości niższej. Spadek na drodze, która powinna się stale wznosić, nazywamy spadkiem straconym. Spadek stracony dopuszczalny jest tylko w wypadku, jeśli dzięki niemu unikniemy kosztownych budowli sztucznych (mosty, wiadukty, tunele), których by wymagał inny kierunek trasy, lub gdyby rozwinięcie drogi wykonane dla uniknięcia spadku straconego było zbyt długie, kosztowne albo trudne do przeprowadzenia. Dla ruchu samochodowego spadki stracone są mniej szkodliwe, zmuszają jednak pojazd do zmiany biegów lub bardziej niekorzystnego hamowania. Na drogach górskich, przebiegających po stromych stokach, spadki stracone, z uwagi na bezpieczeństwo jazdy, nie powinny przekraczać 2,5<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Założywszy pochylenie wykonuje się zasadniczo na prostych odcinkach drogi. Na ostrych łukach, mostach i wiaduktach są one niedopuszczalne.

Przy wyborze pochylenia miarodajnego, oprócz powyższych wskazań należy brać pod uwagę rodzaj nawierzchni, której szorstkość ma duży wpływ na przyczepność kół do jezdni, a co za tym idzie na wykorzystanie siły pociągowej pojazdu. Dla nawierzchni z asfaltu prasowanego (ubijanego) wzniesienie nie może przekraczać 2<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla betonów asfaltowych i smołowych 4<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla kostki drewnianej około 3—4<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla makadamów asfaltowych i smołowych 7<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla betonu około 10<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla grubej kostki kamiennej 10—12<sup>o</sup>/<sub>o</sub>, dla drobnej kostki kamiennej 6—8<sup>o</sup>/<sub>o</sub> i wreszcie dla szutrówek do 12<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Polskie przepisy podają największe dopuszczalne pochylenia przekroju podłużnego w zależności od klasy drogi i rodzaju terenu:

Klasa drogi	T e r e n		
	płaski i falisty	podgórski	górski
I	3‰	4‰	8‰
II	4‰	5‰	10‰
III	6‰	7‰	12‰

Stosowanie pochyień większych od podanych w tablicy wymagało każdorazowo specjalnego zezwolenia Ministerstwa Komunikacji.

Pochyień mniejszych od 0,2‰ zasadniczo nie stosowano. Poziomy dopuszczalne były w wypadku wyjątkowych warunków terenowych, jak np. na groblach drogowych na terenach bagnistych lub zalewowych, na terenach zupełnie płaskich, piaszczystych; długość jednak odcinków poziomych nie mogła przekraczać 100 m.

Redukcja spadków stosowana była według następujących norm:

Promień łuku	Wielkość zredukowanego pochylenia $s_r$ na łuku dla:					
	$s=0,04$	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10
10	0,032	0,041	0,050	0,060	0,068	0,086
15	0,036	0,046	0,055	0,065	0,074	0,093
20	0,038	0,047	0,057	0,069	0,077	0,096
30	0,039	0,049	0,059	0,069	0,079	0,098
40	0,040	0,049	0,059	0,069	0,079	0,099
50	0,040	0,050	0,060	0,070	0,079	0,099

Długość odcinka drogi o pochyleniu 3—4‰ nie powinna przekraczać jednego kilometra, odcinki o pochyleniu większym od 4‰ nie powinny być dłuższe od 0,5 km. Odstępstwa od tej zasady są możliwe jeśli przewiduje się tzw. „spoczniki“ z pochyleniem do 1‰ na długości co najmniej 50 m.

## 2. Łuki pionowe

Zmiany pochyień niwelety łagodzi się w profilu podłużnym przez wyokrąglenie załomów łukami pionowymi. W ten sposób zapewnia się szybko jadącemu smochodowi łagodny przejazd bez wstrząsów lub podrzuceń po drodze, nieprzyjemnych dla podróżującego a szkodliwych dla pojazdu. Przy przejściu z wzniesienia w spadek, wybór promienia łuku pionowego uwarunkowany jest widocznością pionową drogi; pożądany jest promień nie mniejszy od 2000 m.

Dla wykonania łuku pionowego muszą być znane długości stycznych. Jeżeli droga przechodzi z poziomu (1: nieskończoności) w pochylenie 1 : n, to długość stycznej obliczy się przybliżonym wzorem:

$$T = \frac{R}{2 \cdot n} \quad (\text{wypadek 1})$$

Przy przejściu z pochylenia 1 : n w 1 : m, styczna będzie:

$$T = \frac{R}{2} \left( \frac{1}{n} - \frac{1}{m} \right) \quad (\text{wypadek 2})$$

Wreszcie przy przejściu ze spadku we wzniesienie otrzyma się:

$$T = \frac{R}{2} \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right) \quad (\text{wypadek 3}).$$

Jeżeli wielkości pochyłeń podane są w procentach to zamienia się je w promille, promień R natomiast wyraża się w kilometrach zamiast w metrach i w tej postaci podstawia się obie wartości do wzorów.

Przykład:

Dany jest promień  $R = 2000 \text{ m} = 2 \text{ km}$ , oraz spadki 1 : n =  $\frac{1}{100} = 10\%$  i 1 : m =  $\frac{3}{100} = \frac{1}{33,3} = 30\%$  (wypadek 2).

Wtedy styczna

$$T = 2000 \left( 2 \frac{1}{100} - \frac{1}{33,3} \right) \text{ albo } \frac{2}{2} (10 - 30) = 20 \text{ m.}$$

W obu wypadkach otrzymujemy wartości stycznej w metrach (rys. 29).

Gdy z wyliczenia wartości stycznej wypadnie nam większa niż 10 m, wówczas załom spadków drogi, na której przewidywany jest ruch samochodów ciężarowych, musi być bezwzględnie wykonany w formie regularnego łuku kołowego. Jego poszczególne punkty wylicza się prostym wzorem:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot R}$$

Podstawiając kolejno różne długości  $x$ , znajdziemy odpowiadające im rzędne  $y$  (patrz rys. 30).

Na drogach budowanych w Polsce przestrzegane były następujące zasady łagodzenia załomów spadków:

1. Załamania wklęsłe, na których suma dwóch pochyłeń różnego kierunku lub różnica pochyłeń jednego kierunku wynosi więcej niż 1%, należy dla dróg I klasy zaokrąglić łukiem o promieniu R co najmniej 1000 m, dla II i III klasy łukiem  $R = 500 \text{ m}$ .

2. Załamania wypukłe, tzn. przejście ze spadku we wzniesienie, należy zaokrąglić takim promieniem, który by zapewnił dobrą widzialność pionową. Promienie łuków pionowych należy stosować w zależności od sumy spadków jednokierunkowych (według tablicy 6).

Tablica 6  
Najmniejszych promieni łuków pionowych

Suma pochyłości odwrotnego kierunku, lub różnica pochyłości jednego kierunku	Najmniejszy promień łuku pionowego w m
1 — 2‰	2000
2 — 3‰	3000
3 — 4‰	4000

3. Załamania wypukłe o sumie spadków ponad 5 ‰ można stosować tylko na odcinkach prostych.

4. Zamiast łuków kołowych dla łagodzenia załamania niwelety lepiej jest stosować łuki paraboliczne, które są korzystniejsze dla szybkiego ruchu samochodów ciężarowych, gdyż zapewniają łagodniejsze przejście od prostej do krzywej.

#### D. Wykształcenie dróg w przekroju poprzecznym (szerokość, spadki poprzeczne, przekrój jedno- i dwuspadowy)

Największa szerokość pojazdu drogowego może wynosić 2,5 do 3,0 m.

Najmniejsza zatem szerokość pasa drogi dla pojazdu nieruchomego, stojącego na drodze, musi wynosić 2,5 m. Pojazd będący w ruchu wymaga szerokości zwiększonej o tzw. przestrzeń bezpieczeństwa, która normalnie wynosi 0,50 m. Pas jezdni potrzebny dla samochodu w czasie ruchu powinien zatem wynosić co najmniej

$$b = 2,50 + 0,50 = 3,00 \text{ m.}$$

Drogi jednotorowe tzn. 3-metrowej szerokości budowane są na ogół rzadko. Jednak doświadczenia szwajcarskie wykazują, że w okolicach górskich, mniej uczęszczanych i o małym ruchu lokalnym tanie jednotorowe drogi spełniają swoje zadanie i dają zadawalające rezultaty. Przy tego rodzaju drogach konieczne jest we wszystkich miejscach o ograniczonej widoczności zakładanie 30-m. długości mijanek (rys. 31 a i 31 b). Jeśli warunki widoczności są dobre, wystarczy mijanki urządzać w odstępach do 400 m.

Drogi dwutorowe otrzymują szerokość  $2 \cdot 3,00 = 6,00$  m. W trudnym terenie górskim względy natury ekonomicznej zmuszają niejednokrotnie do stosowania szerokości nieco mniejszych. Za przykład służyć mogą normalia szwajcarskie (rys. 32 a, b i c), które wymiar 6,0 m zachowują tylko w głównych drogach górskich, zmniejszając go do 5,20 m na drogach bocznych.

Rys. 33 pokazuje typ austriackiej dwutorowej drogi górskiej dla ruchu mieszanego, z jednostronnym 90-cm. szerokości chodnikiem dla pieszych i prawostronnym brukowanym ściekiem od strony stoku.

Część drogi, znajdująca się w nasypie, wzmocniona murem podporowym, zaopatrzona jest w poręcz ochronną.

Według przepisów polskich M. K.1. szerokość jezdni winna być wielokrotnością 3,00 m, przy czym wszystkie drogi publiczne mogły być budowane tylko jako 2-torowe, tzn. 6-metrowej szerokości. W wyjątkowych wypadkach Urzędy Wojewódzkie udzielały zezwolenia na zmniejszenie szerokości do 5,00 m dla dróg II i III klasy. Na budowę drogi jednotorowej trzeba było mieć zezwolenie Min. Komunikacji. W pobliżu większych osiedli i miast obok jezdni przewiduje się wydzielone chodniki dla pieszych oraz ścieżki dla rowerzystów.

Chodniki wtedy tylko należy spełniają swe zadanie, jeśli są oddzielone od jezdni podwyższonym krawężnikiem. Na szlaku drogi, tzn. całkowicie poza osiedlami, wystarczą dla ruchu pieszego pobocza położone w poziomie jezdni o szerokości 1 — 1,50 m, w terenie górskim i podgórskim nawet o 0,70 m.

W interesie bezpieczeństwa ruchu, ścieżki rowerowe umieszcza się na zewnątrz drogi i o ile możliwości poza przewidywanym pasem zadrzewienia.

W odstępach około 500 m należy poszerzyć koronę drogi celem uzyskania miejsca na place przeznaczone do składowania materiałów potrzebnych dla naprawy drogi. Powierzchnia placów materiałowych powinna wynosić co najmniej 10—15 m<sup>2</sup>.

Rys. 34 a i 34 b pokazuje sposób wykształcania przekroju poprzecznego drogi w terenie płaskim i podgórskim.

Na autostradach niemieckich, z uwagi na bardzo duże szybkości pojazdów, szerokość pasa drogi dla jednego pojazdu została zwiększona do 3,75 m, czyli że dwutorowa jezdnia dla jednego kierunku ruchu ma 7,5 m szerokości. Każdy kierunek jazdy ma swoją niezależną jezdnię. Jezdnie obu kierunków oddzielone są od siebie pasmem zieleni 2,25—4 m szerokim (rys. 35).

Przekrój poprzeczny jezdni może być wykonany w trojaki sposób:

1. z pochyleniem jednostronnym na całej szerokości drogi (rys. 36);
2. z pochyleniem dwustronnym w formie dachowej z jednoczesnym wyokrągleniem środkowej części jezdni na długości jednej trzeciej szerokości przekroju (rys. 37).
3. przez nadanie mu kształtu paraboli (rys. 38).

W pierwszym wypadku przechyłka będzie równa  $h = B : n$ , wzniesienie zaś poszczególnych punktów jezdni  $y = x : n$ .

W drugim wypadku  $h_1 = B : 3 \cdot n$ ;  $y_1 = x : n$ . Promień łuku zaokrąglenia jezdni  $R = \frac{n \cdot B}{6}$ , natomiast  $y_2 = \frac{6 x_2^2}{n \cdot B}$

Wreszcie w wypadku trzecim  $h = \frac{B}{2 \cdot n}$  i  $y = \frac{2 x^2}{n \cdot B}$



Przy stosowaniu przekroju parabolicznego pochylenie cięciw powinno wynosić: dla dróg szutrowanych i brukowanych 1 : 40, dla nawierzchni betonowych 1 : 50.

Pochylenia przekroju poprzecznego są konieczne, aby przez szybkie odprowadzenie z nawierzchni wód opadowych utrzymać ją w stanie suchym. Wielkość pochylenia poprzecznego zależy od rodzaju nawierzchni, od wielkości spadków niwelety i wreszcie od warunków klimatycznych kraju, w którym buduje się drogę.

W warunkach polskich ustalono, że jezdnie na odcinkach prostych winna posiadać profil daszkowy, przy czym spadek poprzeczny nawierzchni na spadkach niwelety drogi, nie przekraczających 3%, ma być:

1. dla nawierzchni z kostki regularnej i betonu cement. 2%
2. dla nawierzchni bitumicznych, z kostki nieregularnej, płyt kamienno-betonowych i klinkieru . . . . . 2—2,5%
3. dla nawierzchni tłuczniowej . . . . . 3—4%
4. dla nawierzchni brukowanej kamieniem polnym i łam. 4—5%

Przy spadkach niwelety od 3—6% należy spadki poprzeczne jezdni zmniejszać o 0,5% powyżej zaś 6% o 1%.

Spadek poprzeczny poboczy ziemnych powinien wynosić 5%.

Szerokości jezdni łącznie z pobocznymi, tj. szerokości korony drogi, ustalają polskie przepisy techniczne projektowania dróg nr K. 1:

dla kl. I szerokość korony drogi	12 m
II       "       "       "       "	9 m
III       "       "       "       "	7,5 m.

## E Skrzyżowania dróg

Na drogach dalekobieżnych (autostrady) skrzyżowanie w poziomie z jakimkolwiek rodzajem ruchu jest niedopuszczalne. W zależności od warunków terenowych skrzyżowanie następuje pod lub nad autostradą.

Na pozostałych drogach wszystkich kategorii i klas, skrzyżowania w poziomie powinny być tak zakładane, aby kierowcy zapewnić dobrą widzialność, zapewniającą bezpieczeństwo jazdy. Z tego powodu unika się skrzyżowań dróg położonych w wykopie, szczególnie z torami kolejowymi. Jeśli nie da się tego uniknąć, należy dążyć do skrzyżowań prostopadłych; najmniejszy kąt skośnego przecięcia może wynosić 30°.

Skrzyżowania w różnych poziomach osiąga się wiaduktami tak projektowanymi, aby najniższa część konstrukcji była umieszczona co najmniej 2,0 m ponad skrajnią kolei. Filary i przyczółki muszą być również stawiane z uwzględnieniem tzw. skrajni budowlanej taboru kolejowego.

Jeśli buduje się wiadukt ponad drogą, wówczas należy uwzględnić skrajnię budowlaną pojazdów drogowych. Przejście pod istniejącą drogą lub istniejącym torem kolejowym uzyskuje się przez stopniowe

obniżenie niwelety w formie zjazdu do takiego poziomu, by otrzymać potrzebne 4—5 m prześwitu pionowego.

#### F. Czynniki estetyczny w projekcie drogi

Budowa drogi, przecinającej regularnymi liniami obszary pól i lasów, wrzynającej się w teren głębokimi wykopami lub przebiegającej brzydkimi groblami nasypów psuje oczywiście piękno krajobrazu. Technik budujący drogę winien ją tak wykonać, by w miarę możliwości przez dostosowanie się do terenu wkreślić ją w krajobraz w sposób jak najbardziej naturalny.

W ostatnich latach zaczęto żywiej interesować się sprawą estetyki budowy dróg. W Niemczech dla autostrad oraz niektórych dróg alpejskich zostały wydane specjalne przepisy o ochronie piękna przyrody przy budowie dróg.

Główne wytyczne dadzą się streścić w następujących wskazaniach: pożądane jest użycie do budowy miejscowych materiałów budowlanych oraz obsadzenie drogi miejscową roślinnością. Pochylenie skarp, nasypów i wykopów powinno być możliwie łagodne, a zamiast ostrego przecięcia ich płaszczyzn z terenem stosować wyokrąglenia, by unikać wszelkich ostrych krawędzi, podkreślających sztuczność drogi; osiąga się w ten sposób wrażenie, że droga wynurza się z terenu w sposób naturalny.

Wycinanie drzewostanu i krzewów z pasa drogi przeprowadzać ostrożnie, pozostawiając piękniejsze pojedyncze okazy drzew lub bardziej malownicze ich grupy. Ładniejsze partie lasu, napotymane ruiny starych zamczysk, stare kapliczki powinny być nie tylko zachowane, lecz specjalnie uwidocznione z zachowaniem ich naturalnego piękna.

Pochylenia drogi i promienie łuków należy również dobierać z uwzględnieniem estetycznego punktu widzenia. To samo odnosi się do wszelkiego rodzaju obiektów drogowych jak mosty, wiadukty, mury oporowe lub podporowe itp. Nie tylko materiał musi być odpowiednio dobrany, lecz i kształt, harmonizujący z otoczeniem.

Przy przebudowie istniejącej drogi wszystkie jej odcinki, pozostające wskutek zmiany trasy na uboczu, należy zaorać i uprawić, ewentualnie zakrzewić lub zalesić.

Po ukończeniu budowy drogę oraz jej otoczenie należy uprzątnąć z wszelkich odpadków i pozostałości materiałów budowlanych, by nie pozostawić wrażenia niechlujnej roboty i niedbalstwa.

## ROZDZIAŁ II

### WYBÓR TRASY i PROJEKT WSTĘPNY

Wybór kierunków trasy następuje w myśl wymagań techniki oraz potrzeb gospodarczych, którym droga ma służyć. Należy nadto brać pod uwagę przewidywany rodzaj ruchu i w związku z tym kategorię lub klasę drogi.

Względy gospodarcze decydują o miejscowościach, przez które dana droga ma przebiegać. Rodzaj ruchu i transportów, ich natężenie i wielkość, rodzaj pojazdów i możliwości siły pociągowej dadzą podstawy do wyboru najkorzystniejszego pochylenia miarodajnego (największego dopuszczalnego) niwelety, najmniejszych promieni łuków, szerokości drogi i jezdni, rodzaju nawierzchni, tj. wszystkich tych czynników, które decydują o charakterze drogi.

Ukształtowanie terenu bardziej płaskie lub pofałdowane ułatwi lub utrudni nasze możliwości techniczne. Dostosowując się do terenu, wybór kierunków trasy musi być tak przeprowadzony, aby droga była gospodarczo rentowna, tzn. aby suma kosztów budowy i jej późniejszego utrzymania obliczona według przewozu 1 tona/kilometra była jak najmniejsza.

#### A. Przygotowawcze prace techniczne

##### 1. Studia z mapy

Przygotowawcze prace techniczne obejmują:

1. Studia z mapy.
2. Obejście i rozpoznanie terenu.
3. Sporządzenie projektu wstępnego.
4. Zdjęcia pomiarowe dla wykonania planu warstwicowego, umożliwiające opracowanie szczegółów projektu drogi. Jednocześnie z pomiarami przeprowadza się badania gruntu, pobierając jego próbki wzdłuż projektowanej trasy.

Najbardziej odpowiednie dla studiów będą mapy warstwicowe w możliwie dużej skali, najczęściej 1:25.000, uzupełnione w miarę możliwości zdjęciami lotniczymi.

Przed przystąpieniem do studiów należy mapę uczynić bardziej przejrzystą, podkreślając na niej wszystkie bardziej charakterystyczne szczegóły, pociągając niebieskim tuszem rzeki, brązowym drogi itp. Na mapach terenów bardzo płaskich wskazane jest dorysowanie warstwic pośrednich, by otrzymać bardziej dokładny obraz ich ukształtowania.

Na tak przygotowanej mapie można już wkreślać trasę projektowanej drogi, posługując się warstwicami i trzymając się założonego pochylenia miarodajnego.

Jeżeli droga ma do przekroczenia przełęcz górską, planowanie trasy należy rozpoczynać od najwyższego jej punktu, schodząc po obu stronach do partii niżej położonych.

Gdy teren jest tak płaski, że na mapie nie ma warstwicy, wówczas zakłada się trasę na wycucie, sprawdzając następnie w terenie jej właściwe położenie.

## 2. Obejście terenu

Obejście terenu ma na celu sprawdzenie trasy zaprojektowanej na mapie warstwicznej i wprowadzenie ewentualnych zmian, które wskutek zbyt małej dokładności mapy okażą się niezbędne. Miejscowe warunki gospodarcze ulegają często szybkim zmianom, np. zamierzona budowa jakiejś fabryki, młyna, tartaku itp., o której uprzednio nic nie było wiadomo, będzie wymagała przesunięcia drogi i udostępnienia jej dla nowopowstających ośrodków przemysłowych.

Ponieważ mapa nie zawsze daje idealnie dokładny obraz terenu, projektujący może mieć pewne wątpliwości co do właściwego wyboru kierunków drogi. W takich wypadkach projektuje się dodatkowo inne jeszcze kierunki tzw. warianty, po czym, w czasie obejścia terenu, wybiera się najwłaściwszy.

W ogólności zadania i cel obejścia terenu są następujące:

1. Stwierdzenie przydatności gruntu jako materiału budowlanego i jego wartości jako fundamentu, na którym będzie spoczywał korpus drogowy.

2. Ustalenie wszystkich trudności i przeszkód dla przyszłej budowy, jak np. miejsc, w których roboty ziemne będą wykonywane w skale lub usuwisk niebezpiecznych dla drogi, dalej rozmiary i charakter napotykaných bagien i torfowisk, możliwość lawin śniegowych, osuwisk kamiennych itd.

3. Zorientowanie się w jakim stopniu wystarczą miejscowe materiały budowlane, a w razie niedostatecznej ich ilości ustalenia skąd i w jakiej ilości mogą być pobierane.

4. Wprowadzenie na mapie poprawek, szczególnie tych, które będą miały wpływ na zmianę trasy lub będą wymagały zaprojektowania nieprzewidzianych dodatkowych budowli sztucznych np. mostów, wiaduktów, murów itp.

5. Sprawdzenie czy wszystkie budowle sztuczne zaprojektowane według mapy są istotnie potrzebne, oraz skontrolowanie miejsc, w których droga przekracza naturalne przeszkody terenowe.

Szczególnie ważny jest wybór miejsca pod projektowany most lub wiadukt; rzeka w tej części powinna mieć możliwie dobrze uregulowany bieg, o korycie jak najwęższym, mocnych brzegach i spokoj-

nym nurcie wody. Dla zmniejszenia długości mostu, a tym samym kosztów jego budowy, pożądane jest przejście rzeki prostopadle do jej koryta. W wypadku niewielkich rozpiętości względ ten nie odgrywa specjalnej roli; jeśli bowiem zachowanie tego warunku miałyby wpłynąć na zbyt silne powyginanie trasy, to raczej należy zdecydować się na skośne przekroczenie rzeki i niewielki w związku z tym wzrost kosztów budowy mostu. Trzeba być bardzo ostrożnym, aby dla drobnej oszczędności nie popełniać fuszerki w trasie przez wprowadzenie niepotrzebnych załamań i łuków.

6. Wynotowanie danych co do poziomu wysokich stanów wód przekraczanych rzek i potoków; jest to konieczne, ponieważ spód konstrukcji mostów belkowych musi być umieszczony co najmniej na 0,8 — 1,0 m nad poziomem wody najwyższej, w mostach łukowych zaś  $\frac{1}{3}$  długości promienia krzywizny sklepienia musi się znajdować ponad tym poziomem.

7. Sprawdzenie czy trasa nie przebiega po gruntach lessowych lub ilastych. Cienkie warstwy takich gruntów, zwłaszcza jeżeli znajdują się w pochyleniu, mogą być później przyczyną osuwania się nasypu drogowego.

8. Zbadanie geologicznych warstw gruntu z punktu widzenia ich wartości dla celów drogowo-budowlanych. Należy unikać stref przejścia ze skał osadowych do wybuchowych. Najczęściej warstwy te pokruszone i zniszczone ruchami tektonicznymi wykazują tendencję do osuwania się i mogą przysporzyć wiele trudności i kłopotów przy zakładaniu fundamentów pod budowle sztuczne itp. Jeżeli okoliczności i warunki terenowe zmuszają do przejścia przez tego rodzaju grunta, staramy się to osiągnąć drogą najkrótszą.

9. Zorientowanie się w możliwościach odwodnienia przyszłego korpusu drogowego; w pierwszym rzędzie chodzi o możliwości odprowadzenia wód powierzchniowych oraz o poziom wód gruntowych.

10. Zebranie danych co do cen gruntów oraz możliwości ich wykupna.

11. Ustalenie czy projektowany kierunek trasy nie pociąga za sobą niepotrzebnych strat w miejscowej gospodarce rolnej lub leśnej.

12. Zebranie danych w zakresie robocizny, tj. co do płac, ilości sił roboczych oraz możliwości ich wyżywienia.

13. Zorientowanie się co do sposobu zorganizowania budowy, jej podziału na odcinki, wybór miejsc na biura budowy, na obozy dla robotników, składy materiałowe, zebranie danych co do możliwości transportowych, dróg dowozowych, linii i stacyj kolejowych, zaopatrzenia w wodę, tak dla celów wyżywienia jak i budowy drogi (woda do betonu, dla nawierzchni tłuczniowej itd.), źródeł prądu elektrycznego, dostawy materiałów budowlanych etc. etc.

Na podstawie danych uzyskanych w czasie obejścia uzupełnia się braki na mapie i wprowadza konieczne poprawki kierunków projektowanej trasy.

W wypadkach wątpliwych, lub gdy na niektórych odcinkach trasy potrzebne są dokładniejsze dane co do rozmiaru robót ziemnych, przeprowadza się pobieżną niwelację.

### 3. Projekt wstępny

Rezultat dokonanego obejścia i rozpoznania terenu ma duże znaczenie dla sporządzenia dobrego projektu wstępnego.

Projekt ten obejmuje:

1. Mapę w skali 1 : 25000 (lub powiększenie 1 : 10000) z naniesioną czerwonym kolorem osią drogi. Wszystkie ważne dla drogi obiekty terenowe, jak krzyżujące się arterie komunikacyjne, kanały i rzeki, powinny być również pociągnięte kolorowym tuszem, stacje kolejowe, drogi dostaw materiałowych, kamieniołomy, ważniejsze ośrodki pobierania materiałów budowlanych powinny być podkreślane lub zaznaczone, czyniąc w ten sposób mapę bardziej przejrzystą i wyraźną.

2. Przekrój podłużny drogi w skali poziomej 1 : 25000 lub lepiej 1 : 10000 i pionowej 1 : 2500 lub 1 : 1000.

3. Normalny przekrój poprzeczny i bardziej charakterystyczne przekroje terenu w skali 1 : 200 lub 1 : 100.

4. Szkicowe projekty sztucznych budowli i skrzyżowań drogi.

5. Przybliżone obliczenie robót ziemnych i kosztorys ogółowy.

6. Opis techniczny uzasadniający projekt i wyjaśniający sposób wykonania budowy.

Drogi podrzędnego znaczenia nie wymagają sporządzania projektu wstępnego. Po obejściu terenu i wykonaniu zdjęć potrzebnych do zrobienia planu warstwicowego, można przystąpić do opracowania projektu szczegółowego. Ostateczne kierunki trasy ustala się w terenie lub na planie warstwicowym wykonanym na podstawie własnych zdjęć geodezyjnych.

### 4. Zdjęcie planu warstwicowego

Położenie trasy znane jest z projektu wstępnego. Zdjęcia planu warstwicowego wykonuje się na takiej szerokości pasa terenu położonego wzdłuż trasy, jaka będzie miała znaczenie dla projektowanej drogi. Za bazę do zdjęć przyjmuje się najczęściej wielobok linii stałego spadku, mierząc dokładnie jego kierunki i kąty wierzchołkowe. Prostopadle do linii stałego spadku zdejmuje się przekroje terenu, sporządzając następnie na tej podstawie plan warstwicowy. W terenie ciężkim i nieprzejrzystym wskazane jest założenie dodatkowych baz pomocniczych, tzn. dodatkowych ciągów poligonowych powiązanych z ciągiem zasadniczym, którym jest linia stałego spadku. W pewnych okolicznościach może zaistnieć potrzeba założenia sieci trygonometrycznej, której boki przy dobrej widoczności nie powinny przekraczać 300 m

długości, odległość zaś zdjęć 150 m. Kąty sieci poligonowej nie mogą być zbyt ostre ani też nadto rozwarłe.

Wybór punktów sieci trygonometrycznej powinien nastąpić przed obejściem terenu po dokładnym przestudiowaniu map i przybliżonym naniesieniu trasy na mapy katastralne.

W ostatnich czasach coraz szersze zastosowanie znajdują zdjęcia terenowe otrzymywane drogą zdjęć lotniczych, które jednak w wypadku pokrycia terenu florą liściastą ograniczają czas wykonania zdjęć do pory wiosennej i jesiennej.

Zdjęcia tachymetryczne wymagają dla instrumentu wyboru stanowisk z dobrą widzialnością całego mierzonego terenu. Zdejmuje się wszystkie charakterystyczne punkty jak załomy, wyniosłości, granice zlewni wód itp., oraz interesujące nas obiekty jak budynki, kamienie graniczne, istniejące drogi, tory kolejowe itd.

Zdjęcia poligonowe i tachymetryczne nanoszone są przeważnie w skali 1 : 1000. Wykreślenia warstwic można dokonać bardzo prostą metodą przy użyciu miarki i dwóch trójkątów (rys. 39).

## B. Projektowanie trasy

### 1. Linia stałego spadku

Linia stałego spadku nazywa się taką linię, która przechodząc po powierzchni drogi będzie miała pewien z góry założony spadek. Droga zaprojektowana według linii stałego spadku miałaby przekrój poprzeczny leżący częściowo w wykopie częściowo zaś w nasypie, w ten sposób mielibyśmy tylko poprzeczne roboty ziemne, bez transportów podłużnych (wzdłuż osi drogi). Ponieważ jednak najczęściej linia stałego spadku jest linią o bardzo licznych załamaniach i jako trasa przyszłej drogi byłaby dla ruchu bardzo niewygodna, staramy się jej kierunki w miarę potrzeby i możliwości wyprostować. Wyprostowanie trasy da w rezultacie jej skrócenie, a co za tym idzie zwiększenie pochylenia niwelety. Z tego powodu do wykreślenia linii stałego spadku stosujemy zmniejszenie miarodajnego pochylenia mniej więcej o 1/10 do 1/3 wartości spadku, przy czym mniejsza redukcja odnosi się do terenów płaskich, większa do bardziej pofałdowanych górzystych.

Na przykładzie rys. 40 a, b na nieprzejrzywej i pofałdowanej powierzchni lasu zmniejszymy pochylenie miarodajne z 5‰ na 3,5‰, bo tam skrót trasy będzie dość znaczny, podczas gdy na pozostałych partiach drogi wystarczy redukcja do 4‰.

Linia stałego spadku może być wykreślana na mapie warstwicowej albo wytyczana bezpośrednio w terenie jako ciąg poligonowy.

### a. Projektowanie trasy na planie warstwicowym

Pierwszą czynnością jest dokładne ustalenie punktu początkowego i końcowego trasy. Pomiędzy tymi punktami będzie się znajdowała

linia stałego spadku, której długość otrzyma się jeśli będzie nam znana różnica wysokości warstwicy oraz wielkość pochylenia miarodajnego.

Nazwijmy:

$e$  = długość linii stałego spadku,

$h$  = różnice wysokości warstwicy,

$s_1$  = zmniejszoną wartość pochylenia miarodajnego w %.

Wówczas możemy ułożyć następującą proporcję:

na 100 m trasy mamy żądane pochylenie  $s_1$

na  $e$  m trasy mamy  $h$  m różnicy wysokości warstwicy

stąd:

$$\frac{e}{100} = \frac{h}{s_1} \quad \text{zatem } e = \frac{100 \cdot h}{s_1}$$

Otrzymana długość „ $e$ ” będzie długością, na której niweleta o pochyleniu  $s_1$  wzniesie się na wysokość odpowiadającą różnicy wysokości warstwicy danej mapie. Odcinek  $e$  nazywamy skokiem z warstwicy na warstwicy. Biorąc odcinek  $e$  w skali mapy w cyrkiel odkładamy go między warstwicami (rozpoczynając od punktu wyjściowego) w ten sposób, że jedna nóżka cyrkla spoczywa na warstwicy poprzedzającej, druga na następującej. Tak postępując dojdziemy do punktu końcowego i otrzymamy linię łamaną przybliżonej osi drogi. Wykreślenie linii stałego spadku należy rozpoczynać od punktu wyżej położonego.

Jeżeli zdarzy się, że w pewnym miejscu długość skoku jest mniejsza od odległości warstwicy, wtedy można powiększyć skok dwu- lub trzykrotnie, przeskakując jednak co drugą lub odpowiednio co trzecią warstwicy.

## b. Linia stałego spadku w terenie

Jeśli nie posiada się odpowiedniej mapy warstwicyjnej linii stałego spadku można wyznaczać bezpośrednio w terenie.

W tym celu posługujemy się najczęściej instrumentem uniwersalnym lub rzadziej klisimetrem (przyrządem do mierzenia pochyłości, używanym tylko do trasowania dróg podrzędnej znaczenia, np. do dróg leśnych itp.).

Po ustaleniu z mapy różnicy wysokości punktów wyjściowego i końcowego mierzymy (również na mapie) między nimi odległość  $L$ . Jeśli różnica wysokości wynosi np.  $h$  to spadek w linii prostej między tymi dwoma punktami  $s$  obliczy się prostym wzorem:

$$s = \frac{h \cdot 100}{L} \quad \text{w procentach}$$

Gdy otrzymane pochylenie jest mniejsze od założonego miarodajnego dla danej drogi, to sprawa jest prosta i trasę można tyczyć bezpośrednio w terenie od punktu początkowego ku końcowemu, możliwie najkrótszą drogą.



W przeciwnym wypadku należy zastosować zmniejszenie pochylenia miarodajnego, obliczyć dla niego długość skoku  $e$  i rozpocząć rozwijanie trasy w sposób podobny, jak to być powinno przy trasowaniu na mapie warstwicznej. Zwykle obiera się długość skoku w granicach od 20—100 m i na podstawie znanego pochylenia oblicza się wielkość odczytu na łacie, względnie wielkość kąta pochylenia osi lunety instrumentu, zależnie od tego czy stosujemy metodę lunety poziomej czy pochylonej (rys. 41 a i 41 b).

Praca metodą lunety poziomej daje tę korzyść, że z jednego stanowiska można wyznaczyć kilka punktów linii stałego spadku. Sposób postępowania przy tej metodzie jest następujący:

Ustawia się lunetę instrumentu poziomo. Odczytuje się dla znanego co do wysokości położenia punktu odczyt  $L$  wstecz. Do odczytu  $L$  dodajemy różnicę wysokości  $h$ , która jest potrzebna do przejścia skoku o założonym spadku zredukowanym, otrzymując tym samym odczyt łąty dla następnego punktu  $L_1 = L + h$ . Pomocnik z łątą porusza się po terenie w promieniu skoku (od 20 - 100 m, zależy jaki skok został obrany), trzymając za koniec sznura mającego taką właśnie długość, do momentu w którym odczyt na łacie wykaże żadaną wartość  $L + h$ . W taki sam sposób ustalili się punkt 2 i następne, tak dalece dopóki długość łąty pomieści w sobie wartość żadanego odczytu  $L_n + H$ . Łąty używane do tych pomiarów są zwykle dłuższe (6 m). Po wykonaniu ostatniego odczytu instrument przenosi się na nowe stanowisko, a czynności powtarzają się, poczynawszy od dowiązania się najdalej wprzód wysuniętego punktu stanowiska poprzedniego.

Metodę lunety pochylonej zaleca się w wypadku dłuższych lub często zmieniających się długość skoków. W przeciwieństwie do metody poprzedniej luneta instrumentu otrzymuje stałe pochylenie. Mierzy się wysokość położenia lunety ponad ziemią (z dokładnością do centymetra) i nadaje się jej kąt pochylenia odpowiadający zredukowanemu pochyleniu miarodajnemu  $p$ , % (przeliczenie pochylenia kąтового na procentowe można znaleźć w odpowiednich tablicach). Pochylenie na całej długości skoku  $e$  jest stałe.

Stanowisko instrumentu obiera się zawsze na ostatnim punkcie stanowiska poprzedniego. Wielkość odczytu łąty dla wszystkich punktów musi być równa wysokości położenia lunety instrumentu ponad ziemią.

Pomiary klisimetrem oparte są na zasadzie metody lunety pochylonej z tą tylko różnicą, że dokładność pomiarów jest znacznie mniejsza.

Punkty wieloboku stałego spadku utrwała się numerowanymi kolejno palikami. Pomiar długości poligonu wykonuje inna grupa pomiarowa, postępująca w ślad za pierwszą. Jeżeli pracuje się instrumentem uniwersalnym, długości boków zdejmuje się tachymetrycznie.

Oprócz tego dokonuje się jeszcze pomiaru kątów ciągu poligonowego oraz kątów wiążących z pewnymi stałymi punktami terenu (rys. 42).

### c. Przebieg trasy

Jeżeli postępując linią stałego spadku nie osiągniemy punktu B, do którego zmierzaliśmy, lecz B' (rys. 43), to w wypadku projektowania na mapie warstwicowej, kreślimy nowy ciąg, postępując z B do A. Jeżeli oba ciągi przecinają się, to poprostu łączymy je w punkcie przecięcia, w przeciwnym razie zmieniamy nieco pochylenie miarodajne, aby doprowadzić w końcu do przecięcia się ciągów, lub wypośredkujemy trasę, jak pokazane na rys. 43.

Gdyby się okazało, że punkty B i B' znajdują się na zupełnie płaskim terenie, wówczas wystarczy zrobić odpowiednie połączenie obu tych punktów, pozostawiając AB bez zmian.

Jeśli w rozwinięciu między punktami A i B zdarzy się potrzeba wykonania ostrych zwrotów, wówczas staramy się wyszukać miejsce najbardziej dogodne dla tego celu, omijając przypadkową wyniosłość terenową (rys. 44) lub zakładając serpentynę względnie tarczę zwrotną.

Rozróżnia się 3 rodzaje serpentyn (rys. 45 a, b, c) mianowicie: skróconą (a), normalną (b) i wydłużoną (c).

Przy projektowaniu drogi, biegnącej wzdłuż doliny, może się zdarzyć, że spadek doliny jest większy od pochylenia miarodajnego, wówczas trasę trzeba rozwinąć, tj. wydłużyć na jednym ze zboczy, starając się wykorzystać miejscowe wzniesienia terenowe (rys. 46) lub skręcić w jedną z bocznych dolin (rys. 47).

### d. Wykreślanie osi drogi w wielobok linii stałego spadku na planie warstwicowym

Linia stałego spadku ma najczęściej kształt bardzo powyginany, wskutek czego konieczne jest poprawienie jej i dostosowanie do potrzeb ruchu, przewidywanego na danej drodze. Łamaną linię ciągu poligonowego 1, 2, 3 . . . . . 11 (rys. 48) wypośredkowujemy, zakładając w miejsce poprzednich 7 załamań tylko 2 (WP<sub>1</sub> i WP<sub>2</sub>). Załamania trasy wyokrąglamy krzywiznami, przestrzegając stosowanie najmniejszych dopuszczalnych promieni. Przeprowadzając korektę trasy nie należy się zbyt odchyłać od linii stałego spadku, aby uniknąć nadmiernego zwiększenia robót ziemnych.

Odchylenia ostatecznej osi drogi od linii stałego spadku dają nam w pewnym stopniu pojęcie o wysokości nasypów i głębokości wykopów. Jeśli oś przesuwamy w stronę stoku terenowego, wówczas mamy do czynienia z wykopem, gdy zaś w kierunku podnóża doliny — z nasypem.

Kierunki prostych nowej osi przecinają się w punktach WP<sub>1</sub> i WP<sub>2</sub>, które nazywamy wierzchołkami osi drogi, kąty zaś wierzchołkowymi. Wkreślanie łuków z załamania osi drogi jest najwygodniejsze przy użyciu krzywików papierowych, tekturowych lub wyciętych z celuloidu, posiadających kształt łuków o różnych promieniach.

Profil podłużny poprawionej osi drogi kreślimy na podstawie przekrojów poprzecznych terenu zdjętych i naniesionych na papier.

### e. Wytyczenie zaprojektowanej osi drogi w terenie

W tym celu posługujemy się sporządzonym uprzednio szkicem (rys. 49), na którym podane są kąty wierzchołkowe osi drogi oraz jej przecięcia z linią stałego spadku.

Przenoszenie na teren długości stycznych, początku i końca łuku, jak również poszczególnych punktów łuku należy wykonać nie ze skali rysunku, lecz na podstawie odpowiednich tablic do tyczenia łuków.

Dla uzyskania ostatecznej pewności, że tyczona w terenie oś jest zgodna z projektem, należy w różnych miejscach trasy sprawdzać pomiarami do różnych stałych punktów lub obiektów pokrycia terenowego, czy odległości zgadzają się z mapą.

Kolejność pracy wymaga najpierw wytyczenia kierunków prostych i ustalenia punktów wierzchołkowych, poczem oznaczenia początku i końca łuku, a następnie pozostałych jego punktów.

Wszystkie punkty trasy utrwalane są w terenie palikami, przy czym palik właściwy tzw. palik gruntowy wbity jest równo z ziemią dokładnie w projektowanym punkcie (rys. 50), drugi zaś, tzw. świadek umieszcza się tuż obok, wypisując na nim odpowiedni numer lub kilometrąż zgodny z projektem.

Długość palika gruntowego 30 — 40 cm, średnica około 5 cm, długość świadka 60 — 80 cm, średnica 5 — 8 cm. Napis na świadku, zwrócony w stronę palika gruntowego, musi być wyraźny, wykonany trwałą kolorową kredką, lub farbą. Świadek wystaje ponad ziemią na wysokości około 30 cm tak, aby mógł być widoczny nawet z większej odległości. Napis na nim wyraża zwykle odległość danego punktu od punktu wyjściowego trasy. Jeśli więc odległość ta wynosi 13,538, 25 m, wówczas piszemy:

$$13 + 538^{25}$$

Aby z uwagi na brak miejsca nie powtarzać na każdym świadku cyfry wyrażającej ilość kilometrów (13), stawiamy w odstępach kilometrowych kołki większe, średnicy do 10 cm i długości ponad 1,0 m, pisząc na nich wyraźnie farbą np. 13 km, a wszystkie inne punkty na przestrzeni kilometra 13 — 14 otrzymują tylko napis, oznaczający nadwyżkę ponad 13 (np. + 538<sup>25</sup>).

Świadki początku, środka i końca łuku otrzymują prócz właściwego im kilometrążu odpowiednie napisy: PŁ (początek łuku) KŁ (końiec łuku), SŁ (środek łuku).

Na świadku wierzchołka łuku pisze się tylko W z kolejnym numerem wierzchołka, licząc od punktu wyjściowego. Np. trzydziesty szósty z kolei wierzchołek będzie miał napis:

$$\frac{W}{36} \text{ (patrz rys. 50).}$$

Punkty wierzchołkowe muszą być dokładnie i trwale zamocowane; zwykle paliki gruntowe są grubsze, dłuższe i głębiej wbijane w ziemię, bardzo często są obsypywane kopczykiem ochronnym (wysokości do 1 m). Dokładne miejsce wierzchołka osi drogi, znajdujące się pod pionem instrumentu uniwersalnego lub teodolitu, utrwala się wbitym w palik gwoździem. Wierzchołki osi drogi muszą być tym staranniej w terenie zamocowane, im później przewiduje się rozpoczęcie budowy drogi. W takich wypadkach wskazane jest nawet sporządzanie małego szkicu sytuacyjnego, określającego położenie wierzchołka z pomiarami do najmniej dwu znajdujących się w pobliżu stałych punktów terenu (drzewa, głazy, duże drzewa, pnie, słupy telefoniczne, budynki, kapliczki, krzyże przydrożne itp.).

Na świadkach trasy linii stałego spadku piszemy tylko kolejne numery.

Ustalenie ze szkicu położenia odpowiedniego wierzchołka w terenie wykonuje się jak widać z rys. 49 w sposób następujący:

Np. wierzchołek  $W_1$  leży w kierunku 2, 3 i 5,4 w odległości 1, od punktu 3 i  $1_2$  od punktu 4 w prostopadłej odległości  $e_1$  od prostej 3,4.

Wierzchołek  $W_2$  na kierunku 5,6 w odległości  $1_3$  od 5 i  $1_4$  od 6; prostopadła na 5,6 ma odstęp  $e_2$  itd., itd.

#### f. Pomiar długości i niwelacja osi drogi

Po wytyczeniu w terenie wszystkich punktów wierzchołkowych i łuków, następuje wytyczenie i utrwalenie wszystkich pozostałych charakterystycznych punktów osi drogi. Do nich będą się zaliczały przede wszystkim punkty kilometrowe, hektometrowe (co 100 m), punkty załamań terenu, przecięć z innymi drogami lub torami kolejowymi, potokami, strumykami, brzegi i koryta rzek, miejsca w których wykonano wiercenia dla zbadania gruntu; w ogóle wszystkie punkty, które mogą mieć znaczenie dla projektu drogi.

Pomiar długości winien być odnotowany w specjalnym notatniku w sposób następujący:

Oznaczenie palika	Odległość od punktu poprzedniego	W metrach od początku	Rodzaj gruntu	Pokrycie gruntu	Uwagi
15	12,54	12 + 120	piaszcz.	las	potrzebny mur podporowy
16	25,00	12 + 145	glina	łąka	
—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	

W rubryce uwag należy umieszczać dane co do spadków terenu, możliwości odwodnienia, granic posiadłości, skrzyżowań z innymi drogami itp.

Dla ustalenia wysokości położenia punktów czyli ich rzędnych (lub kot), przeprowadza się pomiar niwelacji przy pomocy niwelatora. Najczęściej stosowana jest niwelacja ze środka, przy czym pomocnik z latą obchodzi kolejno wszystkie punkty według notatnika pomiaru długości. Dla kontroli technik obsługujący instrument posiada odpis notatnika.

Dla umożliwienia kontroli niwelacji wskazane jest najczęstsze dowiązywanie się do tzw. reperów czyli punktów o stałej wysokości.

Rezultaty pomiarów niwelacji notowane są w dzienniczku niwelacji o następującym układzie:

Stanowisko	Punkt	Odczyt na łacie				Horyzont	Wysokość punktu	Uwagi
		wstecz	poś-redni	wprzód	różnica w m			
I	reper 5	1,05				101,05	100,00	
	24		0,55		+0,50		100,50	
	25		2,20		-1,15		98,85	
	26		1,52		-0,47		99,53	
	27			2,05	-1,00		99,00	

#### g. Profil podłużny, niweleta

Profil podłużny kreślony jest w skali planu sytuacyjnego tj. 1 : 1000 lub 1 : 2000. Skalę wysokości obiera się 10-krotnie większą, a więc 1 : 100 lub 1 : 200.

Na profilu podłużnym wykonanym jak na rys. 51 kreśli się:

1. Przekrój podłużny terenu wykonany na podstawie pomiarów niwelacyjnych. Linię terenu, linie rzędnych punktów załamania oraz wartości cyfrowe kreśli się kolorem czarnym, przy czym linie rzędnych bardzo cienko (0,1 mm), teren 3—5-krotnie grubiej.

2. Na podstawie przekroju terenu projektuje się linie osi drogi, trzymając się założonych spadków i wzniesień. Linia ta zwana niweletą, przecinając linie terenu daje nam pojęcie o wielkości wykopów i nasypów. Niweletę i jej rzędne wykreśla się czerwonym tuszem.

3. Rzędne terenu i niwelety odmierzane są od tzw. linii odniesienia, zakładając jej wysokość tak, jak nam jest wygodniej. Na linii odniesienia wypisujemy zwykle wysokość jej położenia. Przy bardzo stromym terenie możemy jej wysokość zmieniać.

4. Pod linią odniesienia umieszcza się dane odnoszące się do pochylenia drogi i jej kierunków (na czerwono), oraz odległości między punktami terenu (na czarno).

5. Budowle sztuczne (rys. 52) jeśli są murowane wkreśla się czerwonym kolorem, stalowo-niebieskim; poziomy wód opisuje się na niebiesko, uwzględniając przede wszystkim ich najniższy i największy stan.

6. Rowy przydrożne kreślone są kolorem niebieskim, przy czym dla odróżnienia rów prawostronny wyciąga się linią pełną, lewostronny przerywaną.

7. W górnej części rysunku umieszcza się wszystkie dane ustalające miejscowości (województwo, powiat, gmina, wieś) oraz rodzaj uprawy gruntu lub pokrycie terenu.

8. Przełożenia strumyków, potoków i rzeczek, płynących wzdłuż drogi zaznacza się na niebiesko, umieszczając stronę opisową na przestrzeni między linią odniesienia a niweletą.

Poza niweletą praktykowane jest wkreślanie linii robót ziemnych, z podaniem jej rzędnych w miejsce rzędnych niwelety. Inżynier projektujący niweletę obowiązany jest trzymać się przepisów i założonych dla drogi warunków technicznych, poza tym musi zwracać uwagę na skrzyżowania z liniami kolejowymi lub innymi drogami, na poziomy wód przekraczanych albo biegnących wzdłuż osi drogi oraz na wszystkie okoliczności wpływające w jakikolwiek sposób na wysokość położenia niwelety. Przy tym wszystkim musi pamiętać o tym, by koszty robót ziemnych były jak najmniejsze, a rozdział mas był jak najkorzystniejszy. Ocenę prawidłowego zaprojektowania niwelety w odniesieniu do robót ziemnych dają obliczenia przeprowadzone na podstawie przekrojów poprzecznych.

Korona robót ziemnych powinna się wznosić ponad poziomy wód najwyższych co najmniej na 0,6 — 0,8 m i 1,0 m nad zwierciadłem wód gruntowych. Przy gruntach pyłowych, drobnoziarnistych (iły, gliny) o dużej kapilarności umieszczamy koronę drogi na wysokości przynajmniej 1,5 m nad poziomem wód gruntowych, zapobiegając w ten sposób uszkodzeniom, które mogłyby być wywołane działaniem mrozu.

W okolicach zawiewanych śniegiem unika się prowadzenia drogi w poziomie terenu, w małych wykopach (do 1,0 m i dużych nasypach, w tych bowiem warunkach łatwo następuje jej zasypianie. Jest to ważniejsze nawet od korzystnego rozdziału mas ziemnych, z którego niejednokrotnie w podobnym wypadku trzeba będzie zrezygnować.

Trzeba również pamiętać, by w miejscach, gdzie są przewidziane przepusty niweleta miała dostateczną wysokość do ich zbudowania.

Jeśli na niektórych odcinkach drogi nie da się osiągnąć dobrego rozdziału mas ziemnych, należy spróbować kombinacji zmian spadków niwelety, zmniejszenia lub powiększenia promieni krzywizn, albo nawet przesunięcia osi drogi. Przesunięcie trasy w kierunku zlewni terenu da zmniejszenie wykopów przy jednoczesnym zwiększeniu nasypów.

## h. Przekroje poprzeczne

Przekrojami poprzecznymi posługujemy się do obliczania ilości robót ziemnych oraz do sporządzania projektów sztucznych budowli w rodzaju murów, przepustów, mostów itp.

Przekroje poprzeczne, zwane po prostu poprzecznikami, zdejmowane są we wszystkich charakterystycznych punktach terenu prostopadle do osi drogi na długości 20 — 30 m po obu jej stronach.

Poprzeczniki otrzymują numerację i kilometraż zgodny z profilem podłużnym. Zdjęcia w terenie wykonuje się albo przy pomocy instrumentów (instrument uniwersalny, kolimator) albo używając węgielnicy (do wyznaczenia kierunku prostopadłego do osi drogi) i łąt z poziomnicą. Wyniki pomiarów, rodzaj gruntu, potrzebne uwagi notuje się w specjalnie do tego celu przeznaczonym szkicowniku.

Przekroje poprzeczne nanoszone są na papier milimetrowy w skali 1 : 100, rzadziej 1 : 200. Linia terenu kreślona jest tuszem czarnym, zaś projektowanego korpusu drogowego czerwonym.

Nanoszenie na papier odbywa się w kolejności numeracji lub kilometrażu tak: punkty osi drogi winny leżeć na wspólnej linii pionowej. Z danych cyfrowych wpisuje się jedynie z profilu podłużnego rzędne terenu i niwelety, lub korony robót ziemnych. Wymiary są zbędne, wszystkie szczegóły poprzecznego przekroju drogi rysowane są w założonej skali.

## i. Obliczenie robót ziemnych

Kubaturę robót ziemnych wylicza się na podstawie powierzchni przekrojów poprzecznych. Ponieważ na pasie terenu obejmującego budowę drogi zdejmuje się warstwę humusu tj. ziemi uprawnej, grubości około 10 — 15 cm, należy przy obliczaniu powierzchni przekroju nasypów przewidzieć zwiększenie nasypu i zmniejszenie wykopu o taką właśnie wysokość.

Nie należy pomijać w obliczeniach przekrojów rowów drogowych.

Kubatury przepustów, jako zbyt małe nie odejmuje się od ogólnej sumy robót ziemnych. Jeśli jednak przewidziane jest oddanie przedsiębiorstwu wykonanie budowli sztucznych łącznie z robotami ziemnymi, należy to wziąć pod uwagę i obliczoną objętość robót ziemnych odpowiednio zmniejszyć.

Roboty w miejscu tzw. roboty poprzeczne, gdy droga przebiega częściowo wykopem i nasypem, nie są wliczane do robót podłużnych.

Grunt wydobyty z wykopu ulega spulchnieniu i zwiększa swoją objętość. Spulchnienie to zatraca się w nasypie tylko częściowo — co przy obliczaniu robót ziemnych musi być wzięte pod uwagę.

## j. Skład projektu szczegółowego

Projekt szczegółowy obejmuje:

1. Mapę terenu w skali 1 : 25000 z nasiesioną czerwonym kolorem osią drogi.

2. Plan sytuacyjny, który ma jednocześnie służyć za podstawę do wykupu lub wywłaszczenia gruntów; z tego powodu oprócz wszystkich szczegółów technicznych, odnoszących się do projektu drogi, muszą być na nim uwidocznione granice parcel gruntowych na szerokości około 50 — 200 m po obu stronach drogi. Podziałka planu sytuacyjnego wynosi zazwyczaj 1 : 1000 — 1 : 2880 (skala katastralna).

3. Profil podłużny w skali poziomej odpowiadającej skali planu sytuacyjnego z dziesięciokrotnie zwiększoną skalą pionową, a zatem:

$$1 : \frac{1000}{100} \text{ do } 1 : \frac{2880}{300}$$

4. Przekroje poprzeczne (poprzeczniki) dla całej trasy w skali 1 : 100, rzadziej 1 : 200.

5. Projekty budowy sztucznych i skrzyżowań drogi w skali 1 : 100.

6. Typowy przekrój poprzeczny drogi, ze szczegółami odwodnienia, sposobu wykonania podbudowy, nawierzchni itp.

7. Opis techniczny z uzasadnieniem kierunków trasy i sposobu budowy.

8. Plan wykonania budowy, możliwie w sposób obrazowy i w różnych kolorach w skali około 1 : 100. Plan powinien obejmować:

a. Harmonogram, tj. graficzne przedstawienie kolejności i czasu trwania poszczególnych robót jak: robót ziemnych, budowli sztucznych, podłoża nawierzchni, regulacji potoków i rzek, budowy dróg dojazdowych, urządzeń ochronnych itd.

b. Podział drogi na odcinki budowy, zapotrzebowanie materiałów i terminy ich dostaw, zapotrzebowanie robocizny w poszczególnych miesiącach pracy oraz potrzebne środki pieniężne i źródła ich otrzymania.

9. Przekrój geologiczny wzdłuż osi drogi z pokazaniem uwarstwienia gruntów, z załączeniem rezultatów wierceń, oraz danych co do charakteru gruntu, poziomów wód powierzchniowych i gruntowych itd.

10. Spis parcel gruntowych, podlegających wykupnu lub wywłaszczeniu, sporządzony według miejscowości gmin katastralnych, z podaniem numeru parceli, rodzaju uprawy, imienia i nazwiska właściciela i ewentualnego dzierżawcy.

11. Kosztorys z podziałem na następujące pozycje główne:

- a. Koszt projektu i robót wstępnych.
- b. Odszkodowania i wykupno gruntów.
- c. Wszelkiego rodzaju roboty ziemne



d. Roboty uboczne jak: ubezpieczenie skarp, odwodnienia, mury podporowe i oporowe, inne roboty ubezpieczające, pachółki, poręcze, oznakowanie drogi, sadzenie drzew itp.

e. Budowle sztuczne (przepusty, mosty itp.).

f. Budowa wierzchnia (podłoże i nawierzchnia).

g. Budowle pomocnicze jak: drogi dla transportu materiałów, baraki robotnicze, szopy na składy materiałowe, mosty pomocnicze itp.

h. Budynki jak np.: domy mieszkalne dla przyszłej obsługi drogowej, poczekalnie, stacje benzynowe, magazyny itp.

i. Koszta administracyjne budowy.

j. Wydatki nieprzewidziane.

## ROZDZIAŁ III

### TYCZENIE PROSTYCH I KĄTÓW

#### 1. Tyczenie prostych i wyznaczanie punktów

##### 1. Sprawdzanie pionowego ustawiania tyczki:

a. Na oko, patrząc na tyczkę z dwóch prostopadłych do siebie kierunków. Należy stawać w pewnym oddaleniu od tyczki.

b. Przy pomocy stalowego pionu zawieszono na sznurku, przystawiając pion do prostopadle względem siebie ustawionych płaszczyzn bocznych tyczki.

##### 2. Przedłużenie prostej (rys. 53):

a. Przy pomocy tyczek. Wizujący tj. ten, który tyczy prostą, staje w pewnej odległości od punktu  $a$  tak, aby miał przed sobą wszystkie 3 tyczki. Tyczka  $c$  będzie wtedy stała na przedłużeniu prostej  $ab$ , gdy wszystkie 3 tyczki pokryją się ze sobą. Wizujący daje znaki ustawiającemu tyczkę  $c$ , podnosząc w miarę potrzeby lewe lub prawe ramię, co ma wskazywać kierunek dla trzymającego tyczkę  $c$ . Obsługujący tyczkę  $c$  trzyma ją przed sobą na odległość wyciągniętego ramienia, sam stoi tak, aby ramię miało kierunek mniej więcej prostopadły do kierunku przedłużanej prostej. Tyczkę należy trzymać w dwóch palcach w  $1/3$  jej długości, licząc od góry; w ten sposób tyczka, jakby zawieszona, będzie miała tendencję do zachowania pionowości położenia. Podniesienie przez wizującego obu ramion na boki jest dla ustawiającego tyczkę  $c$  znakiem, że znajduje się ona we właściwym miejscu.

b. Przez naciągnięcie sznura wzdłuż linii  $ab$ . Wszystkie tyczki lub paliki muszą się znajdować po jednej stronie sznura.

##### 3. Wyznaczenie punktów pośrednich:

Jeśli pomiędzy  $a$  i  $b$  mamy wyznaczyć punkty  $c$  i  $d$ , leżące w jednej prostej (rys. 54), to postępujemy podobnie jak w p. 2. Mając do rozporządzenia pomocnika, przedłużamy prostą  $ab$ , ustalając pomocniczy punkt  $h$ , po czym znalezienie punktów  $c$  i  $d$  nie nastrocza już żadnych trudności,

Jeżeli natomiast z punktu  $a$  nie jesteśmy w stanie dojrzeć punktu  $b$ , wówczas postępujemy jak wskazują rys. 55 i 56.

Jeden z pomocników staje w dowolnym punkcie np.  $d'$  i ustawia drugiego w punkcie  $c'$  w linii  $ac'd'$ , z kolei ten, który stoi w  $c'$  wizuje i ustawia pomocnika w  $d''$  na linii  $c'd''b$ , następnie z  $d''$  wyznaczony zostaje w podobny sposób punkt  $c''$ , po tym  $d'''$ ,  $c'''$  itd. dopóki nie nastąpi pokrycie się tyczek na kierunku prostej  $ab$ .

Jeżeli mamy do wyznaczenia pomiędzy punktami  $a$  i  $b$  punkty pośrednie, z których nie widać ani punktu  $a$  ani  $b$ , wtedy zastosujemy sposób podany na rys. 57.

Obieramy mianowicie pomocniczy punkt  $d$  tak, aby był on widoczny zarówno z  $a$  jak i  $b$ . Mierzymy długości odcinków  $ad$  i  $db$ , dzielimy na pół i w miejscach podziału stawiamy tyczki  $e$  i  $f$ . Na prostej  $ef$  obieramy punkty  $g$  i  $g'$ , poczem jeśli na przedłużeniu  $dg$  i  $dg'$  odłożymy  $cg = gd$  i  $c'g' = g'd$ , wówczas punkty  $c$  i  $c'$  będą leżały na prostej  $ab$ .

4. Wyznaczanie punktu przecięcia dwóch prostych, z których każda określona jest dwoma punktami.

a. Jeżeli punkt przecięcia leży na przedłużeniu prostych, wówczas znajdziemy go, wizując tyczkę na oba kierunki  $ba$  i  $cd$  (rys. 58).

b. Jeżeli punkt przecięcia  $s$  leży na jednej z prostych, wtedy wyznaczamy punkt pomocniczy  $h$  na prostej  $ab$  i wizujemy tyczkę  $s$  na kierunki  $ah$  i  $cd$  (rys. 59)

c. Szukamy punktu przecięcia  $s$  w granicach obu prostych  $ab$  i  $cd$ . W tym celu wyznaczamy 2 punkty pomocnicze  $h$  i  $h'$ , poczem wizujemy tyczkę  $s$  na kierunku  $ah$  i  $ch'$  (rys. 60).

5. Tyczenie prostej równoległej do danej prostej  $bc$  i przechodzącej przez punkt  $a$  (rys. 61).

W punktach  $d$  i  $e$  tyczymy prostopadłe  $da$  i  $ef$ , następnie odmierzamy  $ef = ad$ . Połączenie punktów  $a$  i  $f$  da poszukiwaną prostą równoległą. Lub: obieramy na prostej  $bc$  dowolny punkt  $e$  i przenosimy kąt  $bea = eaf$ .

6. Kreślenie koła na ziemi przy pomocy cyrkla zrobionego ze sznura i kilofa (rys. 62).

7. Tyczenie stycznych z punktu  $a$  do danego koła o promieniu  $R$  (rysunek 63).

W tym celu posługujemy się dwoma sznurami, z których jeden ma długość równą  $ao$ , drugi równy jest podwójnemu promieniowi koła ( $2R$ ). Końce obu tych sznurów przytrzymuje się w punktach  $a$  i  $o$ , poczem naciąga się je tak, by pozostałe dwa końce zetknęły się ze sobą. Otrzymamy w ten sposób punkt  $d$ . Jeśli odcinek  $od$  podzielimy na pół, to otrzymamy szukany punkt styczności  $b$ , zaś prosta  $ab$  będzie styczną do okręgu koła. Podobnie znajdujemy drugi punkt styczności  $c$  i styczną  $ac$ .

8. Przez 3 punkty przeprowadzić okrąg koła i znaleźć jego środek (rys. 64).

Dane są punkty  $a$ ,  $b$  i  $c$ . Tworzymy 2 proste  $ab$  i  $cb$ , dzielimy je na połowy i w miejscach podziału tyczymy prostopadłe. Przecięcie prostopadłych jest poszukiwanym środkiem koła, odległość zaś  $oc = oa =$  promień koła.

## 2. Tyczenie kątów, wyznaczanie prostopadłych

### a. Bez instrumentu

Gdy nie jest wymagana specjalna dokładność, można się posługiwać kątomierzem z podziałem na stopnie od  $0 - 90^\circ$ . Chcąc przy pomocy takiego kątomierza wyznaczyć prostopadłą z punktu  $d$  na prostą  $ab$  (rys. 65) przystawiamy jeden z jego boków do kierunku  $ab$  i przesuwamy tak, aby przedłużenie drugiego boku pokryło się z punktem  $d$ . Punkt  $c$  będzie spodkiem prostopadłej  $cd$ .

Ponieważ kątomierze drewniane łatwo ulegają odkształceniu, należy je co pewien czas sprawdzać. Sposób sprawdzania pokazany jest na rys. 66.

Kątomierz przystawiony w dwóch położeniach do łaty  $ab$  nie powinien wykazywać rozchylenia  $d - d'$ .

Wyznaczenie prostopadłej z punktu na prostą może być wykonane przy pomocy sznura (rys. 66a). Odmierzamy  $D_1 = D_2$ , wybierając uprzednio dowolnie punkt 1 na prostej  $AB$ . Dzielimy odcinek 12 na połowy. Punkt podziału  $C$  będzie spodkiem prostopadłej  $CD$ .

Albo napina się sznur w kształt trójkąta tak, aby boki miały kolejno 3, 4, 5 części (np. 3, 4, 5 metrów), powstanie w ten sposób trójkąt prostokątny, którym możemy się posłużyć jak kątomierzem (rys. 67).

W miejsce sznura można użyć taśmy parcianej lub zwykłych łąt pomiarowych.

Wystawienie prostopadłej z punktu  $c$  na prostą  $ab$  może być wykonane jeszcze prościej (rys. 68). Z punktu  $c$ , jako środka koła, zataczamy łuk w ten sposób, aby otrzymać dwa punkty przecięcia  $m$  i  $n$ . Spodek prostopadłej  $d$  leży w połowie długości  $mn$ .

### b. Instrumentem

#### 1. Przy pomocy węgielnicy bębnekowej.

W punkcie  $C$  (rys. 69) ustawiamy pionowo węgielnicę; gdy jedną parę przeciwników uzgodnimy z kierunkiem  $CBF$ , wtedy druga para przeciwników wyznaczy nam poszukiwany prostopadły kierunek.

#### 2. Przy pomocy 90-stopniowej węgielnicy zwierciadlanej (rys. 70).

Stajemy z węgielnicą tak, by znajdowała się w pionowej linii nad punktem  $C$ , otwartą zaś część instrumentu zwracamy w kierunku prostej  $CBF$ . Wizujący znajdzie się w linii  $CBF$  wtedy, kiedy odbicia tyczek  $B$  i  $F$  pokryją się w lusterku. Figurant wyznaczony do pomocy przestawia swoją tyczkę (według znaków dawanych przez wizującego) tak długo, dopóki nie pokryje się ona z podbiciem tyczek  $B$  i  $F$ .

Dla lepszej dokładności zaleca się powtórzyć czynność tyczenia prostopadłej, trzymając węgielnicę w kierunku punktu  $A$ . Jeśli powstanie róż-

nica, wówczas położenie punktu D należy wypośrodkować. Chcąc z danego punktu D wytyczyć prostopadłą do prostej AB (rys. 70), przedłużamy ją dodatkowymi punktami E i F, po czym wizujący porusza się wzdłuż AB do momentu, kiedy w zwierciadélku nastąpi pokrycie się tyczki D pokrytym odbiciem się w zwierciadélku tyczek B i F.

3) Instrumentem lunetowym.

Po dokładnym ustawieniu instrumentu w pionie nad punktem C ustawia się lunetę na tyczkę B lub A, po czym obraca się lunetę o  $90^\circ$ , otrzymując w ten sposób żądany prostopadły kierunek.

### 3. Pomiar długości

#### a. Pomiar łątą

Używa się w tym celu dwóch łąt, każdą o długości 5 m. Mierzony odcinek należy poprzednio wytyczyć. Pomiar rozpoczyna się od środka palika, stanowiącego punkt wyjściowy do środka palika następnego. Łaty powinny się znajdować zawsze po jednej stronie szeregu tyczek względnie palików, wyznaczających mierzoną linię.

#### b. Pomiar stalową taśmą

Pomiar wykonuje 2 ludzi. Każdy z nich trzyma koniec taśmy za pośrednictwem drewnianego kostura o długości 1,5 m, zaopatrzonego w stalowe zastrzone okucie, ułatwiające wbicie kostura w ziemię. Końce taśm opatrzone są pierścieniami, przez które przetknięte są kostury. Rozpoczynając pomiar wbija się w ziemię kostur początkowy w pobliżu palika wyjściowego, tak aby punkt zerowy taśmy pokrył się z jego środkiem; pomocnik, trzymający drugi kostur, naciąga taśmę i, ustawiając się wzdłuż mierzonej linii według wskazówek przeprowadzającego pomiar, wbija swój kostur w ziemię. Oba kostury muszą się znajdować w linii tyczek wyznaczających mierzoną prostą. Po wbiciu kostura pomocnik wtyka w ziemię stalową szpilkę, znacząc w ten sposób odmierzoną długość taśmy, po czym następuje przesunięcie taśmy do przodu i dalszy pomiar. Pomocnik, znajdujący się na przedzie otrzymuje pewną ilość stalowych szpilek ( $\varnothing$  5 mm, długość 50 cm) np. 5, 10 lub 20. Pozostający w tyle zbiera je, aby z ich ilości móc obliczyć długość mierzonego odcinka. Jeśli długość taśmy wynosi 20 m, jak to najczęściej się zdarza, wówczas 5 szpilek będzie odpowiadało 100 m, 8 — 160 m itd.

Przy pochyleniach terenu taśmę winno się zachować w położeniu poziomym, przesuwając pierścień po kosturze. Przy dużych pochyleniach wskazany jest pomiar łątą.

#### c. Pośrednie pomiary długości

1. Naturalna przeszkoda uniemożliwia dokonanie bezpośredniego pomiaru (rys. 71).

Pomiar pośredni można przeprowadzić dwojako: przez ominięcie przeszkody i wytyczenie prostej  $a'$  i  $b'$ , równoległe do  $ab$ , albo przez

wytyczenie w punkcie  $b$  prostopadłej do  $ab$ , wybranie na niej dowolnego punktu  $c$  i pomiarzenie odcinka  $ca$ , wówczas poszukiwane

$$ab = \sqrt{ac^2 - bc^2}$$

2. Mierzony odcinek  $ab$  jest niedostępny i nieprzejrzysty (rys. 72).

Wyznaczamy  $ca' = ca : n$ ;  $cb' = cb : n$  i mierzymy  $a'b'$  a wtedy poszukiwane  $ab = na \cdot a'b'$ .

Albo: z punktu  $b$  spuszczaamy prostopadłą na dowolnie wybraną prostą  $ax$ , mierzymy  $ad$  i  $bd$ , wówczas:

$$ab = \sqrt{ad^2 + bd^2}$$

i trzeci sposób: przedłużamy  $bd$ , odmierzamy  $dd' = bd$ , otrzymując  $ab = ad'$ .

3. Jeden z punktów mierzonego odcinka, np. punkt  $a$  jest niedostępny. Wystawiamy  $bd \perp ab$  i odmierzamy na  $bd$  łatwo podzielny odcinek  $bc$  oraz  $cd$  lub  $cd'' = cd = bc : n$ , następnie ustalamy  $d'$  jako punkt przecięcia prostopadłej wystawionej z punktu  $d$  lub  $d''$  z prostą  $ac$ . Mierzymy  $dd'$  względnie  $d''d'''$ , wówczas  $ab = n \cdot dd'$ , względnie  $= n \cdot d''d'''$ .

Długość  $bc$  należy wybierać tak, aby kąt  $acb$  zawierał się w granicach  $30-60^\circ$  (rys. 73).

Albo prościej (rys. 74). Wystawiamy z  $b$  prostopadłą do  $ab$  i odmierzamy  $bc$  równe około  $1/4$  do  $1/3$  oszacowanej na oko szerokości rzeki. Z  $c$  wyznaczamy prostopadłą  $cd$  do  $ac$ , mierząc  $bc$  i  $bd$ , wówczas

$$ab = \frac{bc^2}{bd}$$

Przy niezbyt szerokich rzekach (rys. 75) tyczymy na brzegu dowolną prostą  $xx$  (w przebliżeniu równoległą do koryta rzeki) i wybieramy na niej punkty  $c$  i  $d$  w ten sposób, żeby kąty  $n$  i  $m$  leżały w granicach  $45-60^\circ$ . Kąty te odkładamy po drugiej stronie prostej  $xx$  naprzemianlegle (cyrklem lub instrumentem), znajdując punkt  $f$ . Punkt  $b$  leżący na przecięciu  $af$  z  $xx$  daje równość  $ab = bf$ .

4. Punkt  $a$  jest niedostępny, odcinek  $ab$  nieprzejrzysty (rys. 76).

Obieramy łatwo podzielny odcinek  $cd$  tak, aby mieć nieprzysto-  
nięty widok z  $d$  na  $a$  i  $b$  oraz z  $c$  na  $a$ . Dalej wyznaczamy  $dd' = cd : n$ ,  $a'd'$  równoległe do  $ac$  i  $dd'' = db : n$ , wówczas  $a'd''$  jest równoległe do  $ab$ , a z podobieństwa trójkątów  $abd$  i  $a'd''d$  wynika  $ab = n \cdot a'd''$ .

5. Oba punkty są niedostępne, widoczność między nimi dobra (rys. 77).

Na przedłużeniu  $ab$  obieramy punkt  $c$  pod dowolnym kątem do  $ac$ , tyczymy łatwo podzielny odcinek  $cd$ , odmierzamy  $dc' = dc : n$

i  $a' c'$  równoległe do  $ac$  (przenosząc kąt z  $c$  do  $c'$ ) ustalamy punkty przecięcia  $a' b'$  jak również długość  $a' b'$ , a wtedy  $ab = n \cdot a' b'$ . Jeżeli natomiast jeden z punktów prostej  $ab$ , np. punkt  $c$  byłby dostępny, to prowadzimy przez niego prostą  $xx$  mniej więcej pod kątem  $60^\circ$  do  $ab$ , wystawiamy prostopadłe  $af$  i  $be$  i mierzymy odcinek  $ef$ .

Otrzymamy wówczas zależność  $ab = 2 \cdot ef$  (rys. 78).

6. Oba punkty są niedostępne, przestrzeń między nimi przysłonięta (rys. 79).

Obieramy punkt z widokiem na  $a$  i  $b$ , mierzymy dowolnie obrane i łatwo podzielne odcinki  $cd$  i  $ce$ , po czym wyznaczamy  $cd = cd : n$ , i  $ce' = ce : n$ , zakładamy równoległe  $a' d'$  do  $ad$  oraz  $e' b'$  do  $eb$ , ustalamy punkty przecięć  $a' b'$  oraz mierzymy  $a' b'$ , wówczas  $ab = n \cdot a' b'$ .

## ROZDZIAŁ IV

### TYCZENIE ŁUKÓW

Elementarnymi wielkościami koła, które mają znaczenie dla tyczenia łuków (rys. 80) są: długości stycznych i łuków, odległość wierzchołkowa, promień, spólrzędne wierzchołka, długość stycznych i kąty środkowe.

Niedopuszczalne jest tyczenie łuku, a więc stycznych, kąta środkowego i punktów pośrednich, pobierając wymiary ze skali rysunku. Rysunek może być wykonany błędnie, a samo odmierzanie jest zbyt niedokładne. Do tyczenia w terenie używa się instrumentu (teodolitu), w braku tegoż węgielnicy i taśmy parcianej lub tylko taśmy parcianej.

W zasadzie wymaganą dokładność daje tylko instrument, którego używa się przede wszystkim przy budowie dróg pierwszorzędного znaczenia. Na terenach płaskich i dla dróg podrzędnych dopuszcza się stosowanie metod mniej dokładnych.

#### 1. Tyczenie łuku przy pomocy taśmy i węgielnicy lusterkowej

a. Dane są kierunki obu stycznych i długość promienia  $R$  (rys. 81).

Z punktów  $C$ ,  $D$ ,  $F$  i  $G$  dowolnie obranych na stycznej tyczymy prostopadłe, odmierzając na nich długość promienia  $R$ . Otrzymamy w ten sposób 2 proste  $C'D'$  i  $F'G'$  równoległe do stycznych. Przecięcie się tych prostych nastąpi w punkcie odpowiadającym położeniu środka łuku ( $N$ ).

Prostopadłe  $AN$  i  $BN$  do stycznych  $T$  dadzą punkty  $A$  i  $B$ , tj. początek i koniec łuku.

Przy niewielkich promieniach  $R$  wszystkie pośrednie punkty łuku można wytyczyć cyrklem ziemnym (sznur).

b. Dane są kierunki obu stycznych oraz początek i koniec łuku. Poszukiwany jest promień łuku  $R$  (rys. 81).

Znajdujemy punkt  $E$ , jako przecięcie się kierunków obu stycznych  $T$ . Odmierzamy długości stycznych  $AE = EB = l$  i z punktów  $A$  i  $B$  wystawiamy prostopadłe, których przecięcie da poszukiwany środek koła, zaś  $AN = BN = R$ .

Gdyby punkt, odpowiadający środkowi koła był niedostępny (rys. 82), wówczas można posłużyć się metodą dzielonych cięciw. Znaj-



duje się punkt przecięcia E obu stycznych, sprawdzając równość odcinków  $EB = EA$ , następnie dzieli się na połowy odcinek AB (punkt F) i odcinek FE. W punkcie S będzie się znajdował wierzchołek łuku. Jeśli teraz podzielimy na połowy cięciwy AS i SB i z punktów podziału  $F_1$  i  $F_2$  odłożymy prostopadłe  $F_1 S_1 = F_2 S_2 = 1/4 FS$ , wówczas otrzymamy dalsze punkty łuku  $S_1$  i  $S_2$ . Ten sposób postępowania można powtarzać dalej, dzieląc cięciwy  $SS_1$  i  $SS_2$  na połowy i odkładając ponownie prostopadłe z ich środków wartości  $1/4 F_1 S_1 = = 1/4 F_2 S_2$ .

Omówiony sposób postępowania może być stosowany tylko dla kątów wierzchołkowych, tj. dla kątów między stycznymi AE i EB, większych od  $90^\circ$ .

Dla kątów wierzchołkowych mniejszych od  $90^\circ$  zamiast odcinka  $FS = 1/2 FE$ , odkłada się wartość

$$FS = \frac{FE \cdot AB}{AB + BE + AE}$$

c) Mając dane kierunki stycznych, początek i koniec łuku, możemy poszczególne jego punkty wytyczyć metodą stycznych (rys. 83).

Ustalamy najpierw przecięcie się stycznych E, nie bacząc na to, czy AE równe jest BE. AE i BE dzielimy na jednakową ilość części (najmniej jednak sześć), wyznaczając następnie styczne 1,1 2,2 3,3 itd. Przecięcia następujących po sobie stycznych, a więc przecięcia 1,1 z 2,2 2,2 z 3,3 itd., dadzą poszukiwane punkty łuku.

Tam, gdzie wymagana jest jednak większa dokładność, posługujemy się instrumentem lunetowym, wyznaczając najpierw punkty głównego łuku, a więc początek, środek i koniec łuku (rys. 80).

Tyczenie łuków krótkich i płaskich może być ograniczone do wyznaczenia tylko punktów głównych. Odkładając od punktu wierzchołkowego styczne T (rys. 80), znajdziemy początek i koniec łuku; odmierając natomiast na dwusiecznej kąta wierzchołkowego odcinek  $e$ , (mierząc od WP) lub  $h$ , mierząc od  $c$  (przecięcie cięciwy BABE z dwusieczną), otrzymamy środek łuku M. Wyznaczanie dalszych punktów dla długich łuków można przeprowadzić stycznymi pomocniczymi  $l_1$  i  $l_2$ . Wszystkie punkty tyczonego łuku utrwała się w terenie palikami oraz świadkami z dokładnym opisem ich kilometrażu. W palik wbija się gwóźdź dokładnie w miejscu, które odpowiada punktowi łuku.

## 2. Metoda spólrzędnych

Przy tej metodzie za oś odciętych obieramy kierunek stycznej, przechodzącej przez początek lub koniec łuku (rys. 84).

Poszczególne punkty łuku znajdzie się bądź na przecięciu kierunków promieni odchylonych o kolejne kąty  $\beta$  z kierunkami rzędnych  $y$ , bądź dla różnych wartości odciętych  $x$  wyszukujemy z odpowiednich tablic wartości  $y$ , odkładając je prostopadłe do stycznej. Koń-

ce  $y$ -ów są punktami łuku. Kierunki promieni wyznacza się instrumentem lunetowym.

Tablica 6 podaje wartości  $y$ -ów dla  $x$ -ów od 2 do 20 m i dla promieni od 8 do 300 m. W Polsce istnieją specjalne tablice do tyczenia łuków opracowane przez inż. Skibińskiego. (Patrz zbiór tablic).

### 3. Metoda przedłużonych cięciw

Ten sposób postępowania zaleca się w wypadku, gdy teren jest bardzo nieprzejrzysty, a punkt wierzchołkowy niedostępny (rys. 85).

Postępowanie jest następujące: przedłużamy styczną, wystawiając w odległości  $x$  wartość  $y = \frac{x^2}{2R}$  prostopadle do stycznej i otrzymując w ten sposób punkt łuku 1. Przez punkt 1 prowadzimy cięciwę, przedłużając ją o długość  $x$  i znów prostopadle odkładając wartość  $y_1 = 2 \cdot y = \frac{x^2}{R}$ , wyznaczającą nam punkt 2 itd.

Na przykład: Dla  $R = 20$  m. i  $x = 3$  m wyszukujemy w tablicy 6 wartość  $y = 0,23$  (l). Dla dalszego tyczenia i dla  $x = 3$  m będzie  $y_1 = 2 \cdot 0,23 = 0,46$  m. itd. aż do końca łuku, dla którego zamiast  $y_1$  podstawiamy wartość  $y$ .

Jeśli wytyczając w ten sposób łuk miniemy się z teoretycznym punktem jego końca (rys. 86), wówczas powtarzamy tyczenie, zmniejszając lub zwiększając rzędne  $y$ , dopóki punkt Q nie pokryje się z  $T_2$ . Zależnie od tego gdzie wypadnie punkt Q skrócenie lub wydłużenie rzędnych wyniesie:

$$\text{dla } y \text{ o wartość } \frac{a}{2z - 1}$$

$$\text{dla } y_1 \text{ o wartość } \frac{3a}{2z - 1}; \frac{5a}{2z - 1}; \frac{7a}{2z - 1} \text{ itd.}$$

wreszcie dla końca łuku o  $\frac{(2n - 1) \cdot a}{2z - 1}$ , przy czym  $a$  oznacza odległość punktu Q od stycznej  $T_2$ , a  $z$  — ilość tycznych rzędnych. Tak poprawiony łuk nie będzie już kołowym, lecz dostatecznie przybliżoną krzywą koszącą.

### 4. Kontrola wytyczonego łuku

Należy zmierzyć długość cięciwy  $s$  (np.  $s = 10$  m) i odpowiadającą jej strzałkę łuku  $h$  (np.  $h = 0,20$  m).

Wówczas promień łuku powinien wynosić:

$$R = \frac{s^2}{8h} = \frac{100}{8 \cdot 0,2} = 62,5 \text{ m.}$$

### 5. Tyczenie osi budowli prostopadle do krzywizny łuku w dowolnym punkcie B (rys. 87)

Aby taką oś wyznaczyć, tyczymy najpierw styczną do łuku w punkcie B. W tym celu odmierzymy dwa jednakowe odcinki łuku  $b$ , mierzymy kąt  $\gamma$  odpowiadający jednemu odcinkowi  $b$ , poczem od cięciwy BD odkładamy kąt  $2 \cdot \gamma$ , otrzymując w ten sposób styczną BF. CB wytyczone prostopadle do BF da nam poszukiwaną oś.

Drugi sposób, mniej dokładny, polega na odłożeniu w obie strony od punktu B jednakowych odcinków łuku  $b$ , połączeniu ich końców i wystawieniu ze środka otrzymanej w ten sposób cięciwy prostopadłej, która będzie poszukiwaną przez nas osią.

## ROZDZIAŁ V

### WYZNACZANIE WYSOKOŚCI POŁOŻENIA PUNKTU

#### 1. Metoda schodkowa

Poziomnica (rys. 88) jest to bardzo prosty w konstrukcji przyrząd do poziomowania, składający się z 2 libel, wbudowanych w drzewo o kształcie wydłużonego prostopadłościanu. Libela większa, umieszczona na dłuższej ścianie poziomnicy, służy do wyznaczania poziomu, krótsza  $L_2$ , wbudowana poprzecznie, pozwala na wyznaczenie pionu.

Łata ważna (rys. 89) jest zwykłą drewnianą łatą długości 2 do 5 m i szerokości około 12 cm, zaopatrzoną w podział metrowy. Winna być wykonana z drzewa suchego i nie paczącego się.

Sprawdzanie poziomnicy. Poziomnicę kładzie się na gładkiej zheblowanej desce, po czym obraca tak długo, dopóki pęcherzyk libeli  $L$  nie wskaże położenia poziomego. To położenie poziomnicy należy zaznaczyć na desce pociągnięciem ołówka wzdłuż jednego z jej kątów, a następnie obraca się ją o  $180^\circ$ , przykładając wzdłuż do wyrysowanej kreski. Jeśli po dokonanych obrocie pęcherzyk powietrza libeli nie zajmie położenia odpowiadającego poziomowi, wówczas poziomnica jest nie do użytku.

Sprawdzanie łaty ważnej dokonuje się przy pomocy sprawdzonej poziomnicy, którą przesuwamy wzdłuż górnego kantu na całej długości łaty. Jeśli poziomnica nie wykazuje odchyżeń, tzn. pęcherzyk libeli pozostaje w stałym położeniu, to łata jest dobra. W podobny sposób sprawdza się dolną krawędź łaty.

Pomiar schodkowy wykonywany jest przy użyciu pionu, poziomnicy i 2 łat o długości 4 m każda. Przy terenie pochyłym łatę pionową ustawia się w sposób podany na rys. 90.

Pomiaru dokonuje się w odniesieniu do krawędzi  $a-a$ . Sposób pomiaru jest następujący: łatę umieszcza się jednym końcem w punkcie  $a$  (rys. 91), gdzie przytrzymywana jest przez jednego z pomocników, drugi pomocnik trzyma jedną ręką pionowo łatę ustawioną w punkcie  $b$ , druga reguluje położenie łaty poziomej.

Trzeci wreszcie pomocnik, obsługujący poziomnicę, umieszcza ją na górnej krawędzi łaty ważnej i obserwując, położenie pęcherzyka powietrza libeli, daje wskazówki pomocnikowi drugiemu celem podniesienia, względnie obniżenia trzymanego przez niego końca łaty, dopóki poziomnica nie wskaże poziomego jej położenia. Odczytanie miary głębokości położenia punktu np.:  $d$  lub  $h$  dokonuje się na łacie pionowej,

licząc od spodniej krawędzi łąty ważnej. Ten sposób postępowania powtarza się na całej długości zdejmowanego profilu. Wykonujący pomiar sporządza odręczny szkic (rys. 92), notując na nim odmierzone długości i wysokości.

## 2. Niwelacja krzyżami

Za sprzęt do poziomowania mogą służyć 3 jednakowej wielkości krzyże (rys. 93) lub tarcze (rys. 94).

Krzyże wykonane są z dwóch prostopadle ze sobą związanych kawałków łąt, malowanych zazwyczaj po jednej stronie na biało, po drugiej na czerwono. Podobnie malowane są również tarcze. Te ostatnie mają w środku wycięte przezierniki.

Chcąc dla punktów  $a$ ,  $b$ ,  $c$  wyznaczyć prostą  $x$ ,  $y$ ,  $z$  postępujemy następująco:

Do pomiaru potrzeba 3 ludzi. Jeden, znajdujący się w punkcie  $a$ , trzyma swój krzyż przyłożony do tyczki tak, aby jego spód znajdował się na wysokości  $x$  (rys. 95). Ramię poprzeczne krzyża powinno mieć położenie poziome. Drugi pomocnik ustawia się z krzyżem w punkcie  $b$ , trzymając spód krzyża na wysokości  $y$ . Trzeci wreszcie, stojąc w punkcie  $c$ , ustawia najpierw swój krzyż wysokościowo na oko i odmienną barwą od strony punktu  $a$ . W ten sposób wykonujący pomiar widzi w punktach  $a$  i  $b$  krzyże o barwie jednakowej, w punkcie zaś  $c$  odmiennej. Umieszczając swój wzrok na linii górnych krawędzi krzyżów  $x$  i  $y$ , ustala położenie trzeciego, kładąc go pomocnikowi tak długo podnosić lub opuszczać, dopóki jego górna krawędź nie znajdzie się w jednej linii z dwoma pierwszymi. Prawidłowe położenie krzyża  $z$  zostaje przez pomocnika zaznaczone ołówkiem na tycce.

Jeśli przeszkoda terenowa przysłania pole widzenia (rys. 96) i linii  $xzy$  nie można bezpośrednio wyznaczyć, wówczas podnosimy krzyże  $a$  i  $b$  o jednakową wysokość i wyznaczamy położenie trzeciego krzyża, obniżając się później we wszystkich trzech punktach o tę samą wysokość.

Pracując tarczami, pełne umieszczamy na początku i końcu wyznaczonej prostej, połówkę zaś w punktach pośrednich. Postępowanie jest takie same jak przy użyciu krzyżów. Celuje się przez otwory tarcz pełnych na górną krawędź połówki.

Jeżeli np. punkt  $x$  (rys. 95) leży zbyt wysoko, wówczas można pracować krzyżami odwróconymi; spód krzyża będzie w tym wypadku dochodził do punktu  $x$ ,  $y$  lub  $z$  (rys. 95) od dołu, celowanie będzie się odbywało tak jak poprzednio, poprzez ramiona poprzeczne krzyżów.

## ROZDZIAŁ VI

### ROZBIJANIE PROFILÓW POPRZECZNYCH (PROFILOWANIE)

Obsada partii roboczej:

- 1 kierownik partii
- 3 robotników.

Narzędzia i przyrządy pomiarowe:

- 1 skarpownik z poziomnicą
- 1 łąta ważna
- 1 komplet krzyżów
- 1 komplet tyczek
- 1 pion
- 1 taśma 20-metrowa lub 10-metrowa
- 1 miara dwumetrowa
- 1 toporek
- 1 piła ręczna
- 1 młot (5 kg)
- 1 szpic żelazny
- 1 obcęgi

ołówki stolarskie i zwykłe, paliki, tyki, łąty, gwoździe, sznury.

Przy wysokich profilach może być potrzebna lekka drabina stojąca.

Po wypalikowaniu w terenie osi drogi należy przystąpić do rozbijania profilów poprzecznych, czyli do tzw. profilowania drogi. Tyki profilów wbijane są w ziemię pionowo. Łaty, wskazujące pochylenie skarp, powinny być kanciaste (najczęściej używa się obrzynków otrzymywanych z przymowania desek w tartaku) i przybijane do tyk w ten sposób, aby ich dolna krawędź znajdowała się na znaku wysokościowym, pokazującym wysokość nasypu w danym przekroju. Jeśli do tyki *a* lub *b* (rys. 97) trzeba przybić dwie łąty, mające się znajdować na jednej wysokości, to przytwierdzamy je mijankowo po obu stronach tyk.

Chcąc wyznaczyć skarpe nasypu pełnym profilem (rys. 98) można ustalić na paliku *b* i tyce *c* położenie punktów *d* i *a* oraz odpowiednio do tego przybić łątę wyznaczającą stok skarpy, albo, mając tylko punkt *a*, wyznaczyć położenie pochyłej łąty z pomocą trójkąta skarpiarskiego i pionu lub skarpownikiem (rys. 99).

Gdy ma się do wykonania znaczną ilość profilów, bardzo przydatnym w pracy jest tzw. trójkąt skarpiarski. Wykonany z łąt drewnianych na kształt kreślarskiego trójkąta prostokątnego, ma zmienną długość przyprostokątnych, zależnie od tangensa pochylenia skarpy.

Np. dla skarpy 1 : 1 długość przyprostokątnych — 50/50 cm, dla 1 : 1,5 — 50/75 cm, dla 1 : 1 $\frac{1}{4}$  — 50/62,5 cm.

Trójkąt skarpiarski przykłada się przeciwprostokątną do łąty, która ma wyznaczyć pochylenie skarpy. Łata przybita jest jednym gwoździem w punkcie *a* (rys. 98) i dzięki temu można zmieniać jej położenie. Na trójkącie skarpiarskim umieszczona jest poziomnica. Przez obniżanie i podnoszenie łąty *ab* znajdziemy takie jej położenie, przy którym libela poziomnicy wykaże poziom; wówczas przybijamy łąkę do palika *d*, otrzymując w ten sposób dla skarpy nasypu gotowy profil.

Dla kontroli prawidłowości wykonania profilów sprawdzamy ich położenie, celując wzrokiem wzdłuż dolnych krawędzi łąt, wyznaczających pochylenie skarp (rys. 100).

Ustawiając się przy profilu 3—8 celujemy wzdłuż linii 1, 2, 3 i 3, 4, 5 oraz wzdłuż 8, 9, 10 i 8, 7, 6.

Profile rozbija się prostopadle do osi drogi. Wysokość nasypu oznaczana jest na pionowej tyczce na podstawie profilu podłużnego drogi.

Dla niskich nasypów wykonuje się pełne profile, dla wysokich częściowe. Profil pełny wyznaczony jest w sposób nieprzerwany, jedną łąką wzdłuż całej długości skarpy nasypu (rys. 101), profil częściowy składa się z części wyznaczającej stopę skarpy, przy czym wysokość jej zawiera się w granicach 0,6—1,5 m, oraz z części wyznaczającej koronę nasypu (rys. 102).

### Profilowanie nasypów

Od palika terenowego (*a*) osi drogi (rys. 101) odmierza się w lewą i prawą stronę połowę szerokości korony drogi, wbijając w tych miejscach pionowe tyczki *b*. Wysokość palika (rzędna 150.00) zostaje przeniesiona przy pomocy łąty ważnej i poziomnicy na tyczki *b*. Jeśli według projektu rzędna nasypu wynosi 152.00, wówczas wysokość nasypu równa jest 2.00 m. Wysokość tę odmierzamy na tyczce środkowej *L*, poczem poziomo przenosimy ją na tyczki *b*, zaznaczając na nich punkty *c*. W punkcie *c* przybijamy jednym gwoździem łąkę, mającą wyznaczyć pochylenie skarpy, a następnie przy użyciu trójkąta skarpiarskiego i poziomnicy ustalamy pochylenie np. 1 : 1,5 i przybijamy łąkę do palika *d*. Czynności te należy powtórzyć dla pozostałej strony nasypu. W ten sposób wyznaczaliśmy przekrój drogi profilem pełnym.

Dla wysokiego nasypu wystarczy wykonanie profilu częściowego. Jeśli rzędna palika terenowego osi drogi jest 160.00, a projektowanego nasypu 166.00, wówczas poziome przeniesienie koty 160.00 na paliki *d* (rys. 102) będzie się znajdowało w odległości  $2,5 + (166 - 160) \cdot 1\frac{1}{2} = 11,5$  m od palika *a*. Odmierzamy zatem tę odległość po obu stronach osi drogi, wbijamy paliki *d* i przenosimy na nie kotę 160.00. Następnie do palika *d* przybijamy łąkę, mającą wy-

znaczyć pochylenie skarpy tak, aby spód łąty znajdował się na wysokości rzędnej 160.00, poczem za pomocą trójkąta skarpiarskiego i poziomnicy ustalamy położenie pochyłej łąty, przybijając ją do tyczki pomocniczej *d*.

Dla nasypów położonych na stokach wykonuje się wyłącznie profile częściowe (rys. 103).

Dla prawej strony nasypu o pochyleniu 1 : 1 1/2 poziom poprowadzony na wysokości rzędnej 155,3 napotyka skrajny palik w odległości  $2,5 + (158,5 - 155,3) \cdot 1 \frac{1}{2} = 7,3$  m, dla lewej strony i dla rzędnej 152.00 znajdziemy odpowiednio odległość:  $2,5 + (158,5 - 152) \cdot 1 \frac{1}{2} = 12,25$  m.

### Profilowanie wykopów

Sposób profilowania wykopu w terenie płaskim podany jest na rys. 104.

Wysokość osiowego palika terenowego (*a*) wynosi 173,20 m, wysokość projektowanej jezdni 170.00 m, głębokość zatem wykopu będzie 3,20 m. Szerokość jezdni równa jest według projektu 3.00 m, szerokość rowu odwadniającego, mierzona w poziomie jezdni, wynosi 1.00 m, pochylenie skarp wykopu 1 : 1 1/4.

Przy pomocy tyczek wyznaczamy kierunek profilowanego przekroju prostopadle do osi drogi, starając się, aby tyczki były wbite poza pasem wykopu.

Szerokość wykopu na poziomie palika *a* wyniesie obustronnie:

$$1,5 + 1,0 + 3,2 \cdot 1 \frac{1}{4} = 6,5 \text{ m.}$$

W tej odległości należy wbić w ziemię paliki *f* i przenieść na nie poziom rzędnej 173,2. Do palików *f* przybija się łąty skośne tak, aby ich wierzchnia krawędź znajdowała się w odległości 6,5 m od palika *a* i na wysokości 172,2 m, po czym poziomnicą i trójkątem skarpiarskim wyznacza się pochylenie 1 : 1 1/4 i przybija łąty skośne do tyk *g*.

Jeśli wykop ma być wykonany na stoku (rys. 105), wówczas przeniesienie rzędnej 156,2 odpowiadającej palikowi osiowemu *a* jest możliwe tylko po lewej stronie wykopu. Dla prawej strony należy obrać wyższy poziom np. 158,70 m, wówczas przecięcie się tego poziomu ze skrajnym palikiem nastąpi w odległości  $(158,70 - 156,20) + 1,0 + 8,7 \cdot 1,5 = 16,55$  m. Wyznaczenie pochylenia skarp jest takie same jak w przykładzie poprzednim.

Jeśli dla lewej strony wykopu poziom *ab* wypadł za wysoko, wówczas, odpowiednio do pochylenia terenu, obniżamy się np. o 1,5 m i znajdujemy przecięcie się nowego poziomu 154,7 z palikiem skrajnym, który w tym wypadku musi być w odległości  $3,5 + 4,7 \cdot 1 \frac{1}{4} = 9,37$  m od osi drogi.



Łaty skośne, wyznaczające pochylenie skarp, przybijane są zazwyczaj zgodnie z projektowanym przekrojem drogi. Przy nasypach jednak, z uwagi na osiadanie spulchnionego w czasie wykopywania materiału ziemnego, należy przewidzieć pewną nadwyżkę nasypu (rys. 103), zwiększając jego wysokość o wartość  $u$  i szerokość o  $e$ .

Wielkości powiększenia wysokości i szerokości korony nasypu drogi można znaleźć w każdym podręczniku technicznym, traktującym o robotach ziemnych lub budowie dróg.

Na podstawie podręcznika inżynierskiego S. Bryły, tom I, str. 61 można przyjąć:

dla gruntów piaszczysto-gliniastych	$u = 0,07 h$	$e = 0,11 h$
dla gruntów ilastych i gliniastych	$= 0,08 h$	$= 0,13 h$
dla piasku	$= 0,04 h$	$= 0,07 h$

Przy profilowaniu w terenie skalistym wbijanie palików jest utrudnione; wystarczy jeśli palik ustawiony w odpowiednim miejscu zostanie obsypany miałem kamiennym lub obłożony kamieniami tak jednak, aby się dostatecznie mocno trzymał. Przy wykopach w skale profilowanie jest zbędne — ustala się tylko miejsca przecięcia skarpy z terenem.

Dla umożliwienia przeprowadzenia kontroli wykonywanego wykopu pozostawia się tzw. stożki świadkowe (rys. 106) o wymiarach takich, aby palik terenowy osi drogi mógł się na nim utrzymać. W miarę postępu robót, zwłaszcza przy głębokich wykopach, stożek świadkowy rozszerzając się zaczyna zajmować dużo miejsca, a zresztą po ukończeniu wykopu musi być całkowicie usunięty. Trzeba więc palik stopniowo obniżać; w tym celu, przy użyciu łaty, wyznaczamy pomocnicze punkty  $bcd$ e w ten sposób, aby  $bac$  i  $dae$  leżały w jednej linii i mniej więcej prostopadle do siebie. W punktach tych wbijamy kołki, doprowadzając ich wierzchy przy pomocy łaty ważnej i poziomicy do jednego poziomu. Dla większej dokładności na kołkach, w miejscach odpowiadających punktom  $bcd$ e, wbijamy gwoździe. Po usunięciu stożka świadkowego naciągamy sznury lub druty między  $bc$  i  $de$ , znajdując na ich skrzyżowaniu położenie palika  $a$ , którego nowe położenie wysokościowe należy zanotować.

Po ustawieniu profilów i przed rozpoczęciem robót ziemnych należy oznaczyć na terenie obszar objęty robotami ziemnymi, naciągając sznury pomiędzy stopami profilów. W gruncie miękkim wzdłuż sznura nacinamy darń lub ziemię na głębokość sztychówki, na gruncie skalistym malujemy linię wykopu mlekiem wapiennym.

Wszelkie obiekty drogowe, jak np. przepusty, przyczółki, mury itp. rozbija się w terenie przy pomocy drutów i kozłów drewnianych (rys. 107).

Wokół projektowanego obiektu wbijane są drewniane słupki, do których przybija się deski na kant. W ten sposób wykonany kozioł może opasywać naokoło całą budowlę albo też daje się tylko małe

kozy w miejscach potrzebnych (rys. 107). Wzdłuż przyszłych ścian czy też boków obiektu napina się sznury lub druty przymocowywane do gwoździ wbitych w poprzeczne deski kozłów.

W przykładzie podanym na (rys. 107), w odległości odpowiadającej w przybliżeniu wymiarowi  $a$ , wbijamy w ziemię grube kołki A, B i C, D. Do nich poprzecznie i poziomo przytwierdzamy krótkie i dość mocne kawałki desek, po czym dokładnie w odległości  $a$  wbijamy w nie gwoździe i naciągamy między nimi druty. Aby uzyskać lepsze napięcie drutów zawieszamy na nich w połowie rozpiętości ciężarki w postaci kawałków starego żelaza, kamieni lub odłamków cegieł. Punkty skrzyżowań zostają następnie lutowane. Ltuje się oczywiście tylko dwa krzyżujące się druty. Kozły należy zakładać tak, aby poszczególne pary krzyżujących się drutów nie dotykały się nawzajem, przez co mogłyby powstać pewne odchylenia od właściwego położenia drutu, a w następstwie niedokładności wykonania budowli.

C Z E Ś Ć II

## ROZDZIAŁ I

### BUDOWA i UTRZYMANIE DRÓG

Drogą nazywa się pas gruntu przeznaczony i dostosowany do ruchu kołowego.

Każda droga składa się z budowy spodniej, czyli podbudowy, budowy wierzchniej to jest nawierzchni oraz urządzeń pomocniczych, których celem jest zapewnienie drodze trwałości, a odbywającemu się na niej ruchowi maksimum bezpieczeństwa i swobody. Do tych ostatnich zaliczać się będą krawężniki, poręcze, wskaźniki orientujące i drogowskazy, kamienie kilometrowe, znaki ostrzegawcze, pacholki (słupki na skraju drogi) itp.

Drogi dzielimy na dwie zasadnicze grupy, mianowicie na przebiegające poza obrębem miejscowości czyli zamiejskie, jak np. autostrady, drogi dalekobieżne, drogi państwowe, wojewódzkie, powiatowe, gminne, leśne oraz znajdujące się w obrębie osiedli tzw. drogi miejskie (ulice).

Pomimo wielu wspólnych cech sposób budowy i warunki ruchu są różne dla obu rodzajów dróg. Podczas gdy droga zamiejska stanowi odrębną całość, miejska jest fragmentem ściśle złączonym z całą siecią dróg, jakimi są ulice osiedla. Oprócz tego ulica związana jest z innymi dodatkowymi urządzeniami miejskimi, jak np. przewodami kanalizacyjnymi, wodociągowymi, telefonicznymi, elektrycznymi itp., których specjalne wymagania muszą być brane pod uwagę przy projektowaniu i budowie drogi.

W niniejszym podręczniku jest mowa wyłącznie o drogach zamiejskich z uwzględnieniem dróg o przeznaczeniu specjalnym, jak drogi leśne i rowerowe.

#### A. Podbudowa

Podbudowę nazwiemy tę część drogi, która ma stanowić fundament dla projektowanej nawierzchni, zatem cały korpus drogowy z nasypami i wykopami, skarpy, rowy, wszystkie budowle sztuczne, służące do ochrony korpusu ziemnego jak mury podporowe i oporowe, przepusty, wiadukty, mosty itp.

Budowa mostów stanowi bardzo obszerną i osobną gałąź wiedzy technicznej, przeto nie będzie ona omówiona w niniejszym podręczniku.

#### B. Budowa wierzchnia

Celem budowy wierzchniej jest stworzenie toru, po którym pojazdy drogowe będą się mogły poruszać w sposób pewny i bezpieczny.

Budowa wierzchnia składa się z nawierzchni, to jest części drogi, bezpośrednio narażonej na wpływy ruchu, i podłoża czyli fundamentu, którego zadaniem jest przejmować obciążenie nawierzchni i przenieść go na niżej położone warstwy podbudowy. Do budowy wierzchniej zaliczamy również pobocza (bankiety), mające na celu boczne umocnienie nawierzchni oraz odsunięcie ruchu od skraju skarp i rowów.

Pobocza budowane są z reguły w poziomie nawierzchni. Jeśli jednak ma być na nich przewidziany silniejszy ruch pieszy, który chcemy oddzielić od szybkiego ruchu samochodowego, wówczas podnosimy je nieco wyżej i krawężnikiem oddzielamy od jezdni. Pochylenie poprzeczne poboczy wynosi od 2—5%, szerokość przy gruntach zwięzłych 0,5—1,5 m, przy piaszczystych ponad 1,5 m. Pobocza wykorzystywane są nie tylko dla ruchu pieszego i rowerowego, można je również używać jako składy na materiały budowlane potrzebne do utrzymania drogi.

Powierzchnia poboczy powinna być umocniona. Najczęściej daje się 8 — 20-cm. warstwę tłucznia, żwiru lub piasku, którą z wierzchu pokrywa się bitumicznym pokrowcem o grubości nie większej niż 2 — 3 cm. Zadaniem pokrowca jest uszczelnienie pobocza i uniemożliwienie przenikania wód opadowych pod powierzchnię jezdni. Sypki materiał podłoża, na którym spoczywa pokrowiec, ma na celu ułatwić odprowadzenie wody, mogącej w jakikolwiek sposób dostać się pod budowę wierzchnią.

Jeśli ze względów oszczędnościowych nie dajemy pokrowca, wówczas całe pobocze powinno być wykonane z materiału sypkiego (żwir, tłuczeń, piasek). Stosowanie gruntów drobnoziarnistych jak il lub glina jest niedopuszczalne, ponieważ przyczyniają się one do tworzenia błota i kurzu, a poza tym utrudniają odwodnienie górnych części podbudowy. Należy dążyć do tego, aby górna część podbudowy tj. górna powierzchnia robót ziemnych była pokryta warstwą filtracyjną ułożoną z gruntów sypkich wodoprzepuszczalnych (rys. 108). W takim wypadku pobocze winno być wykonane z tego samego materiału.

## 1. Podłoże

Podłoże, inaczej zwane warstwą nośną, stanowi tę część konstrukcyjną drogi, która znajduje się pomiędzy nawierzchnią i podłożem. Zadaniem podłoża jest przenoszenie obciążeń nawierzchni na podtorze w sposób równomierny i taki, aby ciśnienie na grunt rozkładało się możliwie na dużą powierzchnię. Odpowiedzialna praca podłoża wymaga mocnego wykonania, aby pod naciskiem ruchu, odbywającego się na drodze, nie nastąpiło jego ugięcie lub załamanie, co pociąga za sobą tworzenie się nierówności w nawierzchni i jej szybkie niszczenie.

### a. Podłoże żwirowe i tłuczniowe

Nośność takiego podłoża, jak również zdolność równomiernego rozkładania ciśnień na podtorze, są niewielkie. Z tego powodu podłoża żwirowe lub szutrowe mają zastosowanie tylko w drogach o niewielkim ruchu kołowym.

Żwir używany do podłoża nie powinien zawierać w swoim składzie kamieni płaskich i zbyt spiczastych, materiał kamienny powinien być zdrowy i nie zwietrzały.

Aby wodzie ułatwić spływ, nadajemy górnej powierzchni podtorza dwustronny spadek poprzeczny, a oprócz tego staramy się wykończyć ją na gładko przez ubicie lub wałowanie.

Żwir podłoża układany jest w dwóch warstwach po 10 cm każda. Na warstwie dolnej, bardziej gruboziarnistej, rozścielamy warstwę górną, po czym następuje ugniatanie walcem.

Podłoże tłuczniowe jest również układane w dwóch warstwach. Do warstwy dolnej używa się tłucznia gruboziarnistego o średnicy ziaren 60 — 90 mm. Układanie warstwy dolnej może być pojedyncze lub podwójne. Przy układaniu podwójnym grubość poszczególnej warstwy nie powinna przekraczać 10 cm. Każdą z tych warstw osobno ugniata się walcem. Na ułożoną i zawalcowaną dolną część podłoża tłuczniowego rozkłada się warstwę górną z drobniejszego tłucznia o średnicy ziaren 8 — 25 mm. Również i ta warstwa może być układana pojedynczo lub podwójnie. Jednak grubość poszczególnych warstw jest nieco mniejsza, nie przekraczająca 6 cm. Wszystkie warstwy muszą być z osobna ugniatane walcem.

Walcowanie odbywa się w kierunku podłużnym, równoległe od osi drogi, poczynając od jej skraju ku środkowi. Na łukach projektowanych z przechyłką, walcowanie prowadzi się od wewnętrznej strony łuku ku zewnętrznej,

W czasie walcowania tłuczeń powinien być zalewany wodą, należy jednak baczyć, aby przy podtorzu wykonanym z gruntu wodonieprzepuszczalnego dozowanie wody było mniejsze. Grunt taki, rozmiękczony wodą, łatwo wciska się pod ciężarem walca w przestrzenie między ziarnami tłucznia, co w okresach działania mrozu może przyczynić się do szybkiego psucia się nawierzchni.

Jeśli zdarzy się, że po rozesłaniu warstwy tłucznia lub żwiru nastąpią silne opady atmosferyczne, wówczas z walcowaniem należy wstrzymać się dopóki podtorze wykonane z materiału wodonieprzepuszczalnego odpowiednio podeschnie.

Po dostatecznym ugnieceniu i sprasowaniu górnej warstwy podłoża rozsypuje się na jej powierzchni cienką warstewkę drobnego piasku, po czym następuje dalsze walcowanie aż do momentu, kiedy podłoże będzie miało wygląd powierzchni zupełnie gładkiej i szczelnej.

#### b. Podłoże kamienne (wykładka)

Podłoże kamienne układa się z kamieni o kształcie piramidalnym, szerszą podstawą do spodu, ostrym zaś czubem ku górze (rys. 109). Szerokość kamienia u podstawy nie może być mniejsza od 8 cm, ale również nie powinna przekraczać 15 cm; wysokość nie mniejsza niż 15 cm i nie przekraczająca 30 cm. Wysokość kamieni zależy od prze-

widzianej grubości podłoża, która zwykle dobierana jest przez projektodawcę odpowiednio do rodzaju drogi i jej obciążenia przewidywanym ruchem kołowym.

Wadą podłoża jest to, że choćby zostało ono jak najbardziej starannie, szczerlnie i zwięźle ułożone, nie da się uniknąć nierównomiernego osiadania poszczególnych kamieni, a w następstwie zapadania się nawierzchni i tworzenia się na niej nierówności.

Kamienie użyte do budowy podłoża powinny być zdrowe, nie zwietrzałe, o możliwie zwięzłej strukturze. Układa się je częścią spiczastą ku górze i większą długością prostopadle do osi drogi. Patrząc na podłoże z góry powinno się odnosić wrażenie leżącego muru, zbudowanego z kamienia na sucho. Układanie musi być ściste i zwięzłe, przerwy między kamieniami jednego szeregu powinny być przykrywane kamieniami szeregu następnego, tak jak to jest w murze z cegieł.

Podstawy kamieni spoczywają całą powierzchnią na gruncie i są obok siebie umieszczane tak gęsto, aby patrząc na nie z góry nie było widać ziemi lub podsypki.

Kamień powinien stać pionowo, wszelkie pochylenia kamieni, często „praktykowane“ przez przedsiębiorców dla uzyskania wymaganej grubości podłoża, jak również układanie dwóch małych kamieni jeden na drugim, jest niedopuszczalne.

Kamienie o głowach przekraczających wymiary 12/15 cm należy rozłupywać, ponieważ tłuczeń układany później na wierzchu nie miałby dobrej szczepności z dużą płaską powierzchnią kamienia.

Górna powierzchnia wkładki powinna się znajdować dokładnie na przepisanej wysokości; wszelkie bardziej wystające kamienie należy obtłukiwać młotem. Szczeliny pomiędzy kamieniami wykładki zapełniane są materiałem odpadkowym, otrzymanywanym podczas pracy układania i dopasowywania kamieni przez brukarzy. Zapełnianie szczelin nosi nazwę klinowania wykładki. Zazwyczaj materiał odpadkowy nie wystarcza i dla uzupełnienia trzeba użyć materiału dodatkowego, na który bierze się najczęściej kamienie wybrakowane, nie nadające się do układania wykładki. Kamienie te rozkłada się w miejscach potrzebnych po całej powierzchni podłoża, po czym kilku robotników zaopatrzonych w cięższe młoty i rozstawionych na całej szerokości wykładki rozbija je, posuwając się naprzód i bacząc, by klinowanie było równomiernie wykonane.

Czynności klinowania mogą być wykonywane dopiero wtedy, kiedy wykładka ułożona jest na długości zapewniającej odpowiednią wytrzymałość podłużną podłoża, przy której uderzenia młotami nie będą powodowały wywracania się poszczególnych kamieni. Wskazane jest, aby obtłukiwanie wystających kamieni i klinowanie młotami kończyć na odległości 10 m przed brukarzami, kładącymi wykładkę.

Dla umocnienia bocznych skrajów podłoża kamiennego, układa się wzdłuż jego zewnętrznych krawędzi kamienie dłuższym wymiarem równoległe do osi drogi. Zazwyczaj kamienie te są nieco większe od

używanych do wykładki, lecz nie nazbyt, aby przez dużą głębokość osadzenia nie hamowały bocznego odpływu wody z podtorza. Dla lepszego umocowania skrajnych kamieni wskazane jest ich klinowanie mniejszymi kamieniami (z materiału odpadkowego) od strony pobocza.

W kolejności prac najpierw następuje ułożenie kamieni skrajnych, potem brukowanie wykładki, obtłukiwanie wystających kamieni, klinowanie, wreszcie walcowanie.

Do ugniatania podłoża kamiennego używa się walców lżejszych — 4—6 ton. Sposób walcowania — jak przy podłożu żwirowym i tłuczniowym: na odcinkach prostych — od skrajów ku środkowi, na łukach — od krawędzi wewnętrznej drogi ku zewnętrznej. Skraj wykładki ugniata się wraz z częścią pobocza, aby w ten sposób zapewnić wykładce lepsze usztywnienie boczne.

Dla uszczelnienia podłoża przed ukończeniem walcowania rozsypuje się na jego powierzchni cienką warstwę piasku gruboziarnistego lub żwirku, albo jeszcze lepiej drobnego grysłu.

Polewania wodą w czasie walcowania wykładki nie stosuje się. Wszelkie nierówności, tworzące się w podłożu podczas ugniatania, należy wyrównywać przez podsypywanie tłuczniem; używanie piasku lub żwiru jest niedopuszczalne.

Ilość kamieni potrzebna na wykonanie podłoża wraz z zaklinowaniem oblicza się, mnożąc ilość kwadratowych metrów jezdni przez jej założoną grubość.

Wytrzymałość kamienia użytego do podłoża powinna być nie mniejsza od 400 kg/cm<sup>2</sup>. Kamienie ulegające lasowaniu lub wietrzeniu są bezwartościowe.

Wydajność brukarza układającego podłoże wynosi 2,5 do 3 m<sup>2</sup> na godzinę.

### c. Podłoże betonowe (rys. 110)

Zapewnia ono najlepszy rozkład ciśnień na podtorze i z tego powodu nadaje się nawet w wypadku bardzo złych gruntów, pod warunkiem jednak że, uprzednio będą one dobrze ubite.

Zależnie od gatunku betonu i rodzaju przewidywanego na drodze ruchu, podłożu betonowemu nadaje się grubość 18 do 25 cm.

Zawartość cementu powinna wynosić co najmniej 200 kg w 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu. Dodatek wody ma być taki, aby beton był nieco wilgotniejszy od normalnego betonu ubijalnego.<sup>1)</sup>

Po ubiciu powinien wykazywać w niewielkim stopniu miękkość błotnistej masy.

Wytrzymałość na ściskanie powinna wynosić po 28 dniach nie mniej niż 200 kg/cm<sup>2</sup>.

<sup>1)</sup> Beton ubijalny ma wilgotność ziemi — ściśnięty w garści zachowuje kształt grudki, lekko wstrząśnięty na otwartej dłoni powinien się rozsypać.



Uziarnienie kruszywa należy dobierać w ten sposób, aby krzywa przesiewu mieściła się w granicach dobrego uziarnienia ustalonych przepisami PN/B — 196<sup>1)</sup>

Mieszanie betonu powinno się odbywać maszynowo. Mieszanie ręczne daje znacznie gorszy beton, z tego powodu ilość cementu ustalanego próbami powiększa się przy pracy ręcznej o 5%.

Jeśli chce się utrzymać odpowiednie tempo pracy, pojemność bębna betoniarki nie może być za mała. Normalnie pracuje się betoniarką o pojemności nie mniejszej niż 250 litrów. Obroty bębna nie mogą być zbyt szybkie. Właściwa szybkość na obwodzie bębna wynosi 1,5 m/sek. Przeciętny czas mieszania jednej porcji betonu nie powinien trwać krócej jak 1,5 minuty i nie dłużej niż 2 minuty.

Mieszanie krótkie daje beton źle wymieszany, niezdatny do użytku; mieszanie dłuższe nie polepsza betonu, przeciwnie jest szkodliwe, gdyż powoduje tworzenie się w betonie dużej ilości drobnych pęcherzyków powietrza, osłabiających wytrzymałość i zmniejszających szczelność betonu.

Porcja wrzucana do betoniarki nie powinna przekraczać pojemności podanej przez fabrykę, aby przerzucanie mieszanki mogło się odbywać swobodnie. Najpierw należy sypać do bębna suche materiały, wlewając wodę dopiero po 3 obrotach bębna. Dozowanie wody przez mechanika obsługującego betoniarkę powinno odbywać się ściśle według wskazówek kierującego robotami.

O ile w czasie ciepłej pogody wymieszany beton nie zostanie użyty w ciągu jednej godziny, a w okresie chłódów w ciągu dwóch godzin, należy go jako niezdatny usunąć.

Skład kruszywa użytego do betonu podłoża musi być ustalony wagowo (w laboratorium), na budowie jednak wykonanie mieszanki odbywa się objętościowo, według miar ocechowanych na podstawie danych otrzymanych z laboratorium, które przelicza stosunek wagowy kruszywa na objętościowy. Dozowanie cementu musi się odbywać bezwarunkowo wagowo.

Nanoszenie betonu. Przed naniesieniem betonu należy podtorze doprowadzić do porządku, wyrównując i wygładzając jego powierzchnię, nadając przewidziane projektem spadki poprzeczne i pamiętając, by wszystkie te miejsca, które wymagały wyrównania przez podsypanie, dobrze ubić ręcznymi ubijakami. Równocześnie z wyrównaniem podtorza następuje ustawianie szalowania z desek o wysokości równej grubości układanego podłoża. Deski postawione na kant mają oparcie na drewnianych palikach, lub grubych stalowych szpilkach, wbitych w ziemię. Oparcie musi być silne, aby podczas ubijania betonu deski nie ulegały przesuwaniu lub wyginaniu.

Nanoszenie betonu powinno odbywać się dwiema warstwami, szczególnie przy podłożach grubych. Każdą warstwę ubija się osobno.

<sup>1)</sup> Polskie Normy Betonowe oznaczone skrótem PN/B — 196.

Podczas upalnych lub nawet tylko ciepłych dni, należy podtorze przed nanoszeniem betonu zwilżyć, skrapiając je wodą z konewki zaopatrzonej w sitko. W ten sposób chronimy podłoże przed utratą wilgoci na rzecz suchego podtorza.

Ubijanie betonu może być ręczne lub mechaniczne. Do ubijania ręcznego używa się ubijaków stalowych wagi 12 kg, o podstawie 12/12 cm, oraz stalowych belek ubijających wykonanych z lżejszego typu szyny kolejowej lub dwuteownika, zaopatrzonego po obu końcach w uchwyty do podnoszenia. Długość belki dostosowana jest do szerokości ubijanej powierzchni podłoża.

Ubijanie powinno doprowadzić beton do stanu lekkiego „pocenia się“. Ubijak belkowy ma za zadanie wyrównanie górnej powierzchni betonu. Ostateczne wygładzenie betonu osiąga się zwykłą deską ustawioną ręką na deskowaniu bocznym. Przesuwając deskę po powierzchni betonu ścina się wszelkie nierówności i usuwa nadmiar betonu, wystającego ponad górną krawędź szalowania.

Po ostatecznym stwardnieniu betonu, szalowanie usuwa się zazwyczaj nie wcześniej jak po 24 godzinach, zależnie od temperatury otaczającego powietrza.

Gładkość górnej powierzchni podłoża betonowego nie zawsze jest pożądana. Nawierzchnie asfaltowe i smołowe o grubości mniejszej niż 5 cm wymagają powierzchni szorstkiej, którą uzyska się gdy po niezupełnie stwardniałym betonie poprzecznie przeciągniemy ostrokan-ciasty bal, albo gdy na ubitym lecz niezwiązanym betonie posypiemy gruby grys kamienny, lekko go wgniatając w beton. Wzdłuż szczerlin dylatacyjnych podłoża pozostawiamy obustronnie 15-cm. pasy gładkiego betonu, aby w czasie ruchów podłoża umożliwić nawierzchni pewną swobodę ruchu i zabezpieczyć ją w ten sposób od pęknięcia ponad szczerlinami.

Dla nawierzchni z kostki kamiennej podłoże betonowe może być wykonane na gładko.

Podłoża betonowego nie można wykonywać w całości jako jednej wielkiej płyty, gdyż skurcz betonu w czasie procesu wiązania i wpływy temperatury wywołałyby jego pęknięcie. Z tego powodu podłoże dzielimy za pomocą szczerlin podłużnych i poprzecznych na cały szereg płyt mniejszych takiej wielkości, przy której normalna wytrzymałość betonu będzie dostateczna, by uchronić płytę od pęknięć.

Szczerliny poprzeczne wykonuje się z desek z miękkiego drzewa (grubość 20 mm) moczonych w ciągu 24 godzin w wodzie bezpośrednio przed ich wbudowaniem, albo ze zwykłej papy bądź tektury smołowcowej składanej w podwójną lub potrójną grubość.

Szczerliny podłużne stosuje się wówczas, kiedy przy spadku dwustronnym szerokość jezdni przekracza 6 m, przy spadku jednostronnym 8 m. Sposób wykonania szczerlin podłużnych taki sam jak przy nawierzchni betonowej (patrz „nawierzchnie betonowe“).

Aby zabezpieczyć nawierzchnie bitumiczne (asfaltowe i smołowe) od pęknięcia wzdłuż szczerlin, co może nastąpić pod wpływem ruchów

podłoża, wskazane jest smarowanie betonu podłoża na szerokości 15 cm po obu stronach szczeliny (rys. 102) miękkim bitumem i przykrycie posmarowanej części, łącznie ze szczeliną, zwykłą papą dachową posypaną piaskiem.

Gdy przewidziane jest ułożenie słabszej nawierzchni bitumicznej, wówczas zaleca się rozpryskanie na całej powierzchni podłoża gorącej smoły lub asfaltu, stosownie do rodzaju nawierzchni.

Odstęp szczelin poprzecznych wynosi: dla nawierzchni bitumicznych 5—10 m, dla bruku z kostki kamiennej 20—30 m.

Świeżo wykonane podłoże betonowe należy w okresie pierwszych 10 godzin wiązania chronić starannie od wpływów atmosferycznych (słońca, wiatru i deszczu), aby nie dopuścić do rozmycia lub nadmiernej szybkiego wysychania betonu. Wskazane jest używanie specjalnych daszków ochronnych, płacht płóciennych itp. Przez pierwsze 5 dni beton przykryty płachtami, matami słomianymi lub piaskiem powinien być polewany wodą, aby go utrzymać w stanie stałej wilgoci, przez dalsze 14 dni stale skrapiać wodą, nie dopuszczając do wyschnięcia.

Układanie nawierzchni można skutecznie dopiero po 21 dniach, przy czym przed ułożeniem nawierzchni bitumicznej należy osuszyć powierzchnię podłoża. Skrócenie tego terminu może nastąpić, gdy na świeżo wykonanym betonie podłoża rozpryskamy emulsję bitumiczną (w ilości około 1 kg/m<sup>2</sup>), stwarzając w ten sposób jakby błonę chroniącą beton od schnięcia. W tym wypadku układanie nawierzchni może się odbyć już w kilka dni po wykonaniu podłoża.

Badanie przydatności kruszywa do betonu podłoża powinno być oparte na przepisach zawartych w P. N/B—196.

Badania przeprowadzane na budowie powinny odnosić się do:

#### 1. Materiałów budowlanych

a. Kruszywo. Ocena na oko zabarwienia i uziarnienia — pożądane żywe i czyste zabarwienie, kształt ziarn graniastostłupowy (jeśli używane są grysy i tłuczeń).

b. Cement. Badanie czasu początku wiązania przyrządem Vicat'a wg PN/B—202 oraz badanie stałości objętości.

c. Woda. Badanie smaku, zapachu, zabarwienia.

#### 2. Gotowego betonu, wychodzącego z betoniarki

a. Ocena na oko urabialności betonu.

b. Kontrola składu gotowego betonu.

c. Kontrola czasu mieszania.

#### 3. Zużycia materiałów

a. Kontrola ilości zużywanych materiałów.

## Wydajność pracy i zużycie materiałów

a. Podłoże kamienne. 1 m<sup>2</sup> podłoża grubości 20—25 cm wymaga:  
 kamienia łamanego wysokości 20—25 cm . . . . . od 350 do 400 kg  
 żwiru i piasku na podsypkę . . . . . około 80 kg  
 robocizny — niewykwal. rob/godz. . . . . 1  
 koszt walcowania — do 5% kosztów 1 m<sup>2</sup> podłoża,  
 do tego należy dodać koszty świadczeń socjalnych liczone, od materia-  
 łów i robocizny.

b. Podłoże betonowe. 1 m<sup>3</sup> gotowego podłoża wymaga:  
 cementu . . . . . od 180 do 300 kg  
 żwiru i piasku . . . . . m<sup>3</sup> 1,3  
 betoniarzy . . . . . godz. 4  
 robotników niewykwalifikowanych . . . . . godz. 7  
 oprócz tego dochodzą świadczenia socjalne jak w punkcie a.

## 2. Nawierzchnie drogowe

a. Materiały nawierzchniowe i ich badanie. Materiały ka-  
 mienne, cement i beton, bitumiczne materiały wiążące.

### 1. Kamienie naturalne i kruszywo

a. Wiadomości ogólne. Badanie i ocena. Zależnie od  
 wytrzymałości na ściskanie rozróżniamy:

kamienie twarde — bazalt, diabaz, porfir, granit, sjenit, dioryt, gnajs.  
 kamienie średnio-twarde — szarogłaz, melafir, niektóre diabazy, porfiry  
 i wapień;

kamienie miękkie — wapień i piaskowce.

Barwa. Barwę ocenia się na oko, zaliczając do dobrych te ka-  
 mienie, które wykazują świeże, silne i czyste zabarwienie.

Zapach. Kamień nie powinien mieć żadnego zapachu. Jeśli po  
 chuchnięciu na kamień odczujemy woń ziemi lub gliny, wówczas nie  
 nadaje się on na materiał budowlany do celów drogowych.

Kamień przelamany powinien wykazywać powierzchnię zdrową  
 o cząsteczkach mineralnych polyskujących, a nie matowych. Łupanie  
 się kamienia powinno następować w płaszczyznach równych, bez  
 wklęsłości oraz bez rys i popęknięć. Materiał kamienny z objawami  
 wietrzenia jest niezdatny do użytku.

Wietrzenie bazaltu łatwo rozpoznać po szarych plamach i drobnych  
 rysach. Wietrzejący granit zanurzony w wodzie chętnie zatrzymuje  
 wilgoć, przechowując ją w bardzo drobnych pęknięciach występujących  
 zbiorowo w postaci dość dużych rdzawych plam. Wapień o zabarwieniu  
 szarozłotym oraz wapień czarne, posiadające właściwość farbowania  
 (jak kreda) są niezdatne do użytku na tłuczeń. Szaroniebieski wapień,  
 łupiący się muszłowato, jest kruchy i dla celów drogowych nie nadaje

się. Piaskowce o dużej zawartości krzemionki i bez gliniastego lepiszcza mogą być użyte tylko do budowy dróg mniejszego znaczenia.

Techniczną wartość kamieni określają takie właściwości jak: odporność na wpływy atmosferyczne, mała nasiąkliwość, szybkie schnięcie, wytrzymałość na ściskanie i uderzenie, mała ścieralność. Wszystkie te właściwości kamień powinien posiadać w stanie suchym, mokrym i przy niskich temperaturach.

Badania i ocenę wartości materiałów kamiennych przeprowadza się z punktu widzenia właściwości fizycznych i mechanicznych. Do fizycznych właściwości zaliczają się:

Ciężar objętościowy. Jest to ciężar jednostki objętości kamienia, łącznie z porami, tj. przestrzeniami wypełnionymi powietrzem. Np. ciężar kawałka kamienia o dowolnych nieregularnych kształtach ważony na wolnym powietrzu wynosi 301,20 g, w wodzie 150,12 g. Zatem objętość kamienia będzie  $301,20 - 150,12 = 151,08 \text{ cm}^3$ , zaś ciężar objętościowy

$$c_0 = \frac{301,20}{151,08} = 1,99 \text{ g/cm}^3$$

Ciężar właściwy. Jest to ciężar jednostki objętości kamienia bez wolnych przestrzeni. Kamień należy rozetrzeć na proszek i zważyć po uprzednim podgrzaniu do temp.  $105^\circ \text{C}$ , po czym znaleźć jego objętość w przyrządzie Le Chateliera. Dzielic ciężar przez objętość sproszkowanego kamienia znajdziemy ciężar właściwy  $c_w$ , wyrażony w  $\text{g/cm}^3$ .

Zawartość próżni. Wyraża się w % i oblicza się na podstawie znajomości ciężaru objętościowego i właściwego z prostego wzoru:

$$P = \left(1 - \frac{c_0}{c_w}\right) \cdot 100 \text{ w } \%$$

Nasiąkliwość. Dobrze wysuszoną próbkę badanego kamienia zanurza się w wodzie. Nasiąkliwość oblicza się jako różnicę wagi próbki nasiąkniętej wodą i suchej. Próbkę nasiąkliwości przeprowadza się w trojaki sposób: pod ciśnieniem normalnym, przez gotowanie i pod ciśnieniem zwiększonym do 150 atm.

Próba na zamrażanie. Badany kamień nasiąknięty wodą poddaje się 25-krotnie zamrażaniu do  $-20^\circ$  i odtajaniu. Kamień odporny wytrzymuje tę próbę, słaby rozpada się.

Właściwości mechaniczne obejmują:

Wytrzymałość na ściskanie. Ścisnaniu poddaje się próbki kamienia wycięte w kształcie sześciątów o znormalizowanych wymiarach. Jednostką miary jest  $\text{kg/cm}^2$ .

Wytrzymałość na uderzenie. Próbka kamienia, wycięta w kształt kostki o znormalizowanych wymiarach, poddana zostaje kolejnym uderzeniom 50-kg. ciężaru, spadającego z pewnej wysokości. Suma całkowitej pracy uderzeń w odniesieniu do  $1 \text{ cm}^3$  badanej próbki daje miarę wytrzymałości na uderzenie.

Ścieralność. Badaną kostkę kamienną o znormalizowanych wymiarach poddaje się ścieraniu na specjalnych tarczach lub przy po-

mocy dmuchawy piaskowej. Strata ciężaru próbki po określonej ilości obrotów tarczy (440) w odniesieniu do powierzchni ścieralnej i ciężaru objętościowego próbki daje miarę ścieralności.

Odporność na miażdżenie pod wpływem uderzeń. 3 kg tłucznia, po ustaleniu przesiewu, umieszcza się w stalowym cylindrze (15 cm wysokości i 17 cm średnicy) i pokrywa stemplem, po czym przenosi się pod młot przyrządu uderzającego. Na stempel uderza młot wagi 50 kg spadający 20 razy z wysokości 50 cm. Po tej ilości uderzeń wyjmuje się materiał z cylindra i przesiewa ponownie, po czym wynik przesiewu zestawia się na wykresie. Badanie to jest ważne dla ustalenia stopnia miażdżenia się materiału w nawierzchni betonowej pod wpływem ruchu kołowego.

Ścieralność w bębnie (Deval'a). Badanie to odzwierciedla doskonale zachowanie się materiału kamiennego w nawierzchni. Daje ono pojęcie o ścieralności oraz kruchości krawędzi i naroży kamienia. Próbkę w postaci kawałków tłucznia wysypuje się do bębna i poddaje 10000 obrotom w ciągu 5 godzin. Strata na wadze, jaką wykaże badany materiał, pozwala ocenić jego wartość.

## b. K r u s z y w o

Kruszywem nazywamy wszystkie okruchowe materiały kamienne wchodzące w skład betonu, a zatem tłuczeń, żwir i piasek osobno wzięte lub pomieszane ze sobą w potrzebnym stosunku.

Kruszywo, które ma być użyte do budowy nawierzchni, powinno składać się z ziaren o kształcie kubicznym, o możliwie dużej szorstkości powierzchni bocznych, dostatecznej wytrzymałości i odporności na miażdżenie, niewielkiej ścieralności, wysokiej odporności na wpływ atmosferyczne i małej nasiąkliwości.

Dla kruszywa warstw dolnych nawierzchni, nie narażonych na bezpośrednie działanie ruchu kołowego, odporność na ścieranie ma mniejsze znaczenie.

Materiał kamienny stanowi w betonie jakby szkielet, którego zadaniem jest przejmowanie na siebie wszelkich działających sił. Taką samą rolę odgrywa kruszywo w nawierzchniach o lepszemu bitumicznym i w zwykłych szutrówkach o lepszemu naturalnym.

Kruszywo o uziarnieniu najdrobniejszym od 0,06 do 0,09 mm nosi nazwę mączki kamiennej lub wypełniacza. Wypełniacz ma doniosłe znaczenie dla podniesienia wartości zarówno lepszemu betonowego (cement) jak i bitumicznego (asfalt, smoła). Bardzo drobne ziarenka mączki kamiennej o charakterze pyłowym wypełniają wolne przestrzenie pomiędzy ziarnami większymi, dzięki zaś dość dużej ogólnej sumie ich powierzchni zewnętrznych następuje w szkielecie kamiennym lepsze i bardziej równomierne rozprowadzenie lepszemu i zwiększenie właściwości klejących cementu lub bitumu.

Jako wypełniacza używa się zasadniczo wyłącznie mączki produkowanej z mielonych wapieni, w pewnych wypadkach jednak można

posługiwać się zwykłym cementem. Wypełniacz nie może zawierać w sobie żadnych składników rozpuszczalnych w wodzie.

Interesującymi nas charakterystycznymi właściwościami fizycznymi wypełniacza są: kształt, wielkość, ufrakcjonowanie, sposób układania się i powierzchnia ziaren.

Ogólnie rozróżniamy dwa rodzaje kruszywa:

- a. kruszywo tłuczone,
- b. kruszywo naturalne.

Kruszywo tłuczone jest produktem rozdrobnienia materiałów kamiennych zarówno naturalnych jak i sztucznych (klinkier, żużel).

Kruszywo naturalne jest nagromadzoną mieszaniną skał w sposób naturalny rozdrobnionych działaniem wiatru, wody, temperatury i lodowców.

Kruszywo, zależnie od wielkości średnicy ziaren, otrzymuje różne nazwy jak: pył, mączka, miał, grys itd. Normalizację nazw i wymiarów poszczególnych gatunków kruszywa naturalnego i tłuczonego podaje załączone zestawienie (tablica 8 i 9) zaczerpnięte z wydawnictwa Drogowego Instytutu Badawczego przy Politechnice Warszawskiej pt. „Naturalne i sztuczne materiały kamienne w budownictwie drogowym“, Warszawa 1939 r.

Tablica 8. Kruszywo tłuczone

Nr	Nazwa materiału	Dla robót drogowych. <sup>1)</sup> Otwory sit	Dla robót bet. i żelbet. Otwory sit	Uwagi
1.	Pył Mączka	# 0—0,25 mm	# 0-0,1 mm	
2.	Miał drobny Miał	# 0,25—2,0 mm	#0,1-0,5 mm #0,5-2,0 mm	
3.	Grysik	# 2— $\varnothing$ 5 mm	# 2—4 mm	1. Zwykły lub granulowany. 2. Przy charakterystyce materiału podać sposób obróbki.
4.	Grys drobny Grys średni	$\varnothing$ 5—16 mm $\varnothing$ 16—25 mm	$\varnothing$ 5-10 mm $\varnothing$ 10-20 mm	1. Zwykły lub gran. 2. Przy charakter. podać sposób obróbki.

<sup>1)</sup> Z wyjątkiem betonu cementowego.

Nr	Nazwa materiału	Dla robót drogowych. <sup>1)</sup> Otwory sit	Dla robót bet. i żelbet. Otwory sit	Uwagi
5.	Grys nieodsiany	0 — $\varnothing$ 25 mm		
6.	Tłuczeń drobny Tłuczeń gruby	$\varnothing$ 25 — 50 mm $\varnothing$ 50 — 80 mm	$\varnothing$ 20-40 mm na żądanie $\varnothing$ 20-31,5 mm $\varnothing$ 40 - 80 mm	

Przy przesiewaniu kruszywa do 4 mm używa się sit tkanych z oczkami kwadratowymi oznaczanych znakiem #, od 5 mm wzwyż sit z otworami okrągłymi (sita perforowane), oznaczonych znakiem  $\varnothing$ .

Wielkość uziarnienia określa się cyfrą łamaną np.: 10/15, co oznacza kruszywo przechodzące przez sito 15 mm i pozostające na sicie 10 mm.

Tablica 9. Kruszywo naturalne

Nr	Nazwa materiału	Dla robót drogowych. <sup>1)</sup> Otwory sit	Dla robót bet. i żelbet. Otwory sit	Uwagi
1.	Pył	# 0,0-0,25 mm	# 0,0-0,1 mm	
2.	Piasek drobny Piasek	# 0,25-2,0 mm	# 0,1-0,5 mm # 0,5-2,0 mm	1. Kopalny, rzeczny, morski, wydomy. 2. Przy charakterystyce piasku podawać pochodzenie
3.	Żwirek	# 2- $\varnothing$ 5 mm	# 2-4 mm	1. Pochodzenie — kopalny lub rzeczny
4.	Żwir drobny Żwir średni Żwir gruby	$\varnothing$ 5-16 mm $\varnothing$ 16-25 mm $\varnothing$ 25-50 mm	$\varnothing$ 5-10 mm $\varnothing$ 10-20 mm $\varnothing$ 20-40 mm na żądanie $\varnothing$ 20-31,5 mm	1. Jak wyżej 2. Jak wyżej

<sup>1)</sup> Z wyjątkiem betonu cementowego.



Nr	Nazwa materiału	Dla robót drogowych. <sup>1)</sup> Otwory sit	Dla robót bet. i żelbet. Otwory sit	Uwagi
5.	Pospółka średnia (Żwir nieodsiany średni)	0- $\varnothing$ 25 mm		1. Kruszywo naturalne w stanie niesegregowanym, kopalne lub rzeczne
	Pospółka gruba (Żwir nieodsiany gruby)	0- $\varnothing$ 50 mm	0- $\varnothing$ 40 mm na żądanie 0- $\varnothing$ 31,5 mm	
6.	Otoczaki drobne	$\varnothing$ 50-80 mm	$\varnothing$ 40-80 mm	1. Pochodzenie — kopalny, rzeczny lub polny
7.	Otoczaki	powyżej $\varnothing$ 80 mm	powyżej $\varnothing$ 80 mm	1. Jak wyżej

<sup>1)</sup> Z wyjątkiem betonu cementowego.

Pod nazwą „pospółka“ należy rozumieć rzeczne lub kopalne kruszywo naturalne w stanie niesortowanym, stanowiące naturalną mieszaninę ziaren różnej grubości do pyłu włącznie.

Do przesiewu kruszywa używanego do betonu i nawierzchni betonowych stosuje się sита tkane z otworami kwadratowymi o boku: 0,25; 0,5; 1,0; 2,0, 4,0 mm i sита perforowane o otworach okrągłych  $\varnothing$  10; 20; 30; 40; 80 mm.

Do kruszywa drobnego jak piasek i mączki mineralne, o uziarnieniu do 2 mm, używa się następujących sit amerykańskich:

Nr sita: 200	prześwit oczka w mm: 0,074
100	0,149
80	0,177
50	0,297
40	0,420
30	0,590
20	0,840
10	2,000

Do kruszywa grubszego, jak grysiki i grysy od 5 mm wzwyż, używa się sit perforowanych według następujących wymiarów:

5 — 10 — 16 — 20 — 25 — 31,5 — 40 — 50 — 80 m.

Dla oceny wartości mieszanki kruszywa o różnorodnym uziarnieniu ustala się jego skład granulometryczny oraz zawartość próżni, która może być ustalona drogą prób, bądź rachunkowo. Metodę prób stosuje się najczęściej do kruszywa o grubym uziarnieniu w sposób następu-

jący: do naczynia o znanej objętości wsypuje się kruszywo, po czym stopniowo wlewa się wodę tak, aby po brzezi wypełniła naczynie. Ciężar wody wlanej do naczynia, w odniesieniu do 100 litrów mieszanki, daje procentową zawartość próżni w kruszywie.

Porowatość kruszyw drobnych (piasek, wypełniacz) wylicza się rachunkowo podanym już poprzednio wzorem:

$$P = \left( 1 - \frac{C_0}{C_w} \right) \cdot 100 \text{ w } \%$$

Ustalenie porowatości kruszywa jest nieodzowne dla zestawiania takiego składu kruszywa, który da w rezultacie beton zwięzły, zawierający minimum próżni; oprócz tego na podstawie porowatości określa się ilość lepszca potrzebnego do betonu cementowego lub bitumicznego.

Badanie uziarnienia przeprowadza się przy pomocy przesiewania mieszanki kruszywa przez komplet sit tkanych 0,5 do 4 mm i perforowanych 10 do 80 mm. Przypuśćmy, że mamy zbadać skład pospółki o uziarnieniu do 40 mm. W tym celu pobieramy 2 próbki o wadze 4000 g każda, poddajemy je wysuszeniu przez wyprażenie nad ogniem, po czym dokładnie ważymy. Wysuszony materiał przesiewamy kolejno przez sita, poczynając od sita o otworach największych, tj. 40 mm, a kończąc na najmniejszym. Pozostałość na każdym sicie ważymy osobno, notując wagę w odpowiednich rubrykach tablicy 10 i przeliczając ją następnie na procenty. Liczby ostatniej kolumny, stanowiące

Tablica 10

Fracja mm	Pozostaje na sicie					Przechodzi przez sito	
	otwór sita mm	1 próba g	2 próba g	średnia		otwór sita mm	suma %
				g	%		
0—0,5	0	648	642	655	17,0	0,5	17,0
0,5—1	0,5	132	154	143	3,7	1	20,7
1—2	1	141	129	135	3,5	2	24,2
2—4	2	567	555	561	14,6	4	38,8
4—10	4	912	772	842	21,8	10	60,6
10—20	10	1212	1158	1185	30,8	20	91,1
20—40	20	241	423	332	8,6	40	100,0
40—80	40	—	—	—	—	80	—
Razem		3853	3853	3853	100,0	—	—

sumę procentów, nanosimy na wykres krzywych przesiewu (rys. 111), otrzymując wykres właściwy badanemu kruszywu (linia kreskowana). Z wykresu na załączonym rysunku widać, że krzywa nasza mieści się w granicach dobrego uziarnienia.

Jeśli by krzywa badanego kruszywa przekroczyła granicę górną, wówczas należy przez dodanie powiększyć zawartość ziaren grubszych, przy przekroczeniu dolnej granicy zwiększyć ilość ziaren drobniejszych. Dobrze uziarnienie kruszywa powinno dać krzywą zbliżającą się bardziej ku górnej granicy.

Dla nawierzchni betonowych budowanych w Polsce ustalone są specjalne krzywe przesiewu, podane na rys. 112 osobno dla piasku i całkowitej mieszanki kruszywa

Dalsze badania kruszywa odnoszą się do stopnia zanieczyszczenia i zawartości cząstek organicznych (roślinnych) oraz związków siarki. Poza tym kruszywo, które ma być użyte do nawierzchni bitumicznych, poddawane jest specjalnym próbom, np.: próbom odporności na zmiany temperatury przez kolejne podgrzewanie do 100° C i ostudzenie, dalej próbie na zdolność przyklejania się lepiszczą i wreszcie na zdolność wiązania samej mączki kamiennnej. Ta ostatnia próba ma znaczenie specjalnie dla szutrówek o lepiszczu naturalnym. Przeprowadza się ją w ten sposób, że kostkę wykonaną z mączki poddaje się uderzeniom ciężaru 1 kg, spadającego z wysokości 1 m. Miarą wartości mączki jest ilość uderzeń liczona do momentu rozsypania się kostki.

## 2. Cement i beton

W budownictwie drogowym używany jest głównie normalny cement portlandzki. Produkcja cementu podlega stałej kontroli przez urzędowo zatwierdzone instytuty badawcze. Firmowy znak ochronny umieszczony na opakowaniu stanowi dla nabywcy gwarancję, że cement odpowiada wszelkim wymaganiom budowlanym. W ogólności używane są cementy o małym skurczu, dużej wytrzymałości na rozciąganie i stałej objętości.

Cementy wysokowartościowe zwane inaczej szybko twardniejącymi, pod względem składu chemicznego nie różnią się prawie od normalnego. Dzięki bardziej starannemu doborowi składników i nieco innemu sposobowi wykonania cement ten osiąga wyższe wytrzymałości.

Używany jest prawie wyłącznie do robót naprawczych i tam gdzie wymagane jest szybkie wykonanie budowli.

Przy wykonywaniu wszelkich robót betonowych należy trzymać się polskich przepisów PN/B-196. Dla nawierzchni betonowych, budowanych w Polsce, wydane zostały osobne „Wytyczne do budowy nawierzchni betonowych“, opracowane przez Drogowy Instytut Badawczy w 1936 r.

Przechowywanie cementu wymaga na budowie troskliwej opieki. Ponieważ jest to materiał bardzo wrażliwy na wilgoć, należy go przechowywać w specjalnych drewnianych szopach zaopatrzonych w pod-

łogi z przewiewem od spodu. Układanie worków z cementem powinno przewidywać pozostawienie wolnej przestrzeni od strony ścian szopy, aby uchronić w ten sposób cement od wilgoci zaciekających desek. Szczególnie wrażliwe na wilgoć są cementy wysokowartościowe, które pod jej wpływem nie tylko tracą swe wyższe właściwości, lecz stają się gorsze od cementów normalnych. Powinno się unikać robienia zbyt dużych zapasów cementu. Cement przechowuje się nie dłużej niż 6 miesięcy. Cement zawilgocony zbija się w grudki; jeśli w czasie mieszania betonu grudki nie rozsypują się, należy bezwzględnie zaprzestać jego dalszego używania.

Temperatury niższe od  $+5^{\circ}\text{C}$  są dla cementu niebezpieczne, z tego powodu wskazane jest zabezpieczanie go przed ich działaniem. Zużycie cementu na budowie musi być tak obliczone, aby w składach nie zachodziła potrzeba zimowania jego nadmiaru.

Ponieważ stary i zleżały cement traci swe pierwotne cechy wiążące, przeto na większych budowach zachodzi potrzeba przeprowadzania co pewien czas kontroli niektórych jego właściwości, a więc przede wszystkim kontroli czasu wiązania i stałości objętości, tj. sprawdzenia czy beton nie wykazuje skłonności do pęcznienia.

Dla ustalenia czasu wiązania sporządza się z zaczynu cementowego (woda i cement), zgodnie z przepisem podanym w normach, kilka placków, po czym co pewien czas, naciskając paznokciem lub stalowym ostrzem, sprawdza się ich twardość. Moment, w którym placki zaczną stawiać opór tej czynności, stanowi początek wiązania cementu, który w normalnym wypadku nie może nastąpić wcześniej niż po 1 godzinie. Cement twardniejący szybciej nie powinien być używany do budowy.

Koniec wiązania następuje wtedy, kiedy wciśnięcie paznokcia lub ostrza wymaga już dość dużego wysiłku. Proces wiązania powinien trwać co najmniej 2 godziny.

Skłonność do pęcznienia bada się przez sporządzenie z zaczynu cementowego 2 placków, z których jeden po 24 godzinach wkłada się do wody, drugi pozostawia na wolnym powietrzu. Po 28 dniach na plackach nie powinny się pokazać żadne rysy promieniste, w przeciwnym razie cement jest nie do użytku. Gdy czas nie pozwala na przeprowadzenie 28-dniowej próby, wówczas można wspomniane placki poddać 45-minutowemu gotowaniu w wodzie. Wygotowany placek powinien być dźwięcząco twardy (pod uderzeniem), a jego brzegi nie mogą wykazywać żadnych pęknięć lub nawet najdrobniejszych rys.

Zaprawę cementową używa się do budowy murów kamiennych i zalewania szczelin. Ustalany przez projektodawcę stosunek mieszanki zależy od rodzaju i przeznaczenia budowli. Do murów najczęściej używana jest zaprawa 1 : 3, tj. 1 część cementu na 3 części piasku, do zalewania szczelin w nawierzchni z kostki kamiennej 1 : 1,5 a nawet 1 : 1, na podsypkę w teże nawierzchni 1 : 4 i 1 : 5 (szczegółowe omówienie w rozdziale o nawierzchniach brukowanych).

Beton jest na mokro wykonaną mieszaniną cementu i kruszywa.

Żwir i piasek powinny być czyste i wolne od domieszek gliny lub humusu. Im bardziej kształt ziaren jest kubiczny i im mniej jest w kruszywie składników płaskich tym mniej cementu potrzeba do ich zlepiania.

Warstwa górna nawierzchni betonowej wymaga kruszywa z twardego materiału kamiennego o szorstkich powierzchniach i małej ścieralności.

Skład mieszanki kruszywa ustala się na podstawie krzywej przesiewu. Dozowanie kruszywa może się odbywać na zasadzie obliczonego stosunku objętościowego, choć pożądane jest dozowanie wagowe. Natomiast cement w każdym wypadku dodaje się do mieszanki wagowo, po uprzednim ustaleniu ilości potrzebnych kilogramów na 1 m<sup>3</sup> gotowego (po ubiciu) betonu.

Dodatek wody do betonu powinien być taki, aby stosunek wagi wody (tzn. wody do zarobienia + wilgoć kruszywa) w kilogramach do wagi cementu był jak najmniejszy. Stosunek ten nosi nazwę współczynnika wodno-cementowego i dla nawierzchni betonowych powinien zawierać się w granicach 0,3 do 0,4, co odpowiada mniej więcej naturalnej wilgotności ziemi.

Woda musi być zupełnie czysta, pozbawiona wszelkiego brudu, zanieczyszczeń pyłowych (głina), roślinnych (liście, korzonki) i chemicznych (szczególnie związków siarki). Każda woda, która nadaje się do picia, może być użyta do betonu. Powinno się unikać wody zabarwionej i o zgniłym zapachu.

Wilgotność betonu, odpowiadającą naturalnej wilgotności ziemi, bada się zgniatając w dłoni nieco (garść) betonu. Po rozwarciu dłoni grudka betonu nie powinna zmienić kształtu ani się rozsypać, a na jej powierzchni powinno się dostrzec lekko połyskującą rosę wilgoci.

Bardzo ważne dla dobrego wykonania betonu jest dokładne wymieszanie jego składników. Budowa nawierzchni betonowej wymaga bezwzględnie stosowania mieszania maszynowego przy pomocy betoniarek. Mieszanie ręczne może być brane pod uwagę tylko przy budowlach zużywających niewielkie ilości betonu.

Mieszanie ręczne wykonywane jest zazwyczaj na tzw. podłogach drewnianych (3 x 3 m) z desek grubości 3—4 cm silnie ze sobą zbitych i ułożonych na drewnianych legarach. Przerzucanie mieszanki odbywa się w kierunku równoległym do długości desek, nigdy w poprzecznym. Do mieszania potrzeba 3 ludzi, mianowicie 2 z łopatami do przerzucania, 1 z grabiami do rozgrabiania mieszanki.

Najpierw nanosi się na podłogę mieszankę piasku i żwiru, rozścielając ją w formie płaskiego krateru, po czym na wierzch sypie się potrzebną ilość cementu. Robotnicy zaopatrzeni w łopaty rozpoczynają przerzucanie mieszanki „przez rękę“ na nową kupę. Równocześnie trzeci robotnik zatrudniony jest bezustannym rozgrabianiem przerzucanego betonu. Następuje jeszcze jedno tzn. drugie przerzucenie kupy

na pierwotne miejsce i to w zasadzie wystarcza jako pierwsze mieszanie na sucho. Teraz z kolei następuje polewanie wodą przy jednoczesnym przrzucaniu mieszanki na nowe miejsce. Dozowanie wody powinno odbywać się z konewki zaopatrzonej w sitko. Mieszanie przez przrzucanie trwa tak długo dopóki przecięcie betonu ostrzem łopaty nie wykaże gładkiej powierzchni przekroju o zabarwieniu równomiernym szarym lub szaro-zielonkawym.

Mieszanie maszynowe daje znacznie lepsze wyniki i większą pewność dobrego wymieszania betonu.

Betoniarki bywają wolnospadowe i przeciwprądowe. Pojemność betoniarek przy dużych robotach dochodzi do 3,0 m<sup>3</sup>. Produkcja fabryk niemieckich przewiduje 7 wielkości w granicach od 75 do 3000 litrów.

W betoniarkach wolnospadowych, obracający się bęben (oś obrotu pozioma) ma po wewnętrznej stronie przymocowane łopatki, których zadaniem jest podnoszenie mieszanki na pewną wysokość, po czym następuje zsuniecie się materiału z łopatki i spadanie w kierunku spodu bębna. Materiał utrzymywany przez pewien czas w stałym ruchu ulega dokładnemu zmieszaniu. Betoniarki tego typu są tańsze, zużywają mniej energii napędzającej i są bardziej trwałe od przeciwprądowych, natomiast mają dłuższy czas mieszania.

Betoniarki przeciwprądowe posiadają bęben o pionowej osi obrotu. Mieszanie materiału odbywa się przy pomocy pionowo ustawionych stalowych szponów, poruszających się ruchem kolistym; dzięki temu następuje nie tylko mieszanie ale i ugniatanie betonu.

Napełnianie betoniarek osiąga się najczęściej przy pomocy ruchomych kubłów, spoczywających na dość niskim poziomie, tak aby wysypywanie do nich kruszywa i cementu mogło się odbywać na powierzchni ziemi. Napełniony kubel, poruszany mechanizmem, podnoszony jest ku górze i doprowadzany do położenia, które zmusza materiał do zsunięcia się do wnętrza bębna (rys. 113).

Wypróżnienie betoniarki następuje albo przez pochylenie bębna, albo za pomocą ruchomej rynny wsuwanej do jego wnętrza.

Bardzo surowo powinna być przestrzegana czystość bębna, szczególnie po ukończeniu dziennej pracy należy go starannie przepłukać wodą, a na zakończenie czyszczenia dać mu obroty przy napełnieniu suchymi i czystymi kamieniami.

Dostarczanie wody do betoniarki odbywa się ze specjalnego zbiornika zmontowanego z nią na stałe. Pojemność zbiorników w granicach 150 do 500 litrów i doprowadzenie wody przewodem 2' i rurą dostarczającą wodę do bębna  $\varnothing 1\frac{1}{4}$ .

Przy niewielkich robotach napęd betoniarki może być ręczny, przy większych — mechaniczny silnikami spalinowymi lub elektrycznymi.

Dla celów drogowo-budowlanych używa się betoniarek większych o pojemności od 1 m<sup>3</sup> wzwyż, montowanych na specjalnie konstruowa-

nych podwoziach, o rozstawie kół obejmującym całą szerokość betonowanej nawierzchni i poruszających się na torze z szyn o odpowiednio dużym ich rozstawie (rys. 114).

Oprócz bębna i ruchomego kosza dostarczającego mieszankę, betoniarka zaopatrzona jest bardzo często w tzw. kubeł rozdzielczy, którego zadaniem jest rozwozenie i rozścielanie betonu nawierzchniowego (rys. 114). Kubeł rozdzielczy montowany jest jednak najczęściej na oddzielnym podwoziu i działa samodzielnie, niezależnie od betoniarki.

W ostatnich czasach szersze zastosowanie znajdują betoniarki budowane na podwoziu zaopatrzonym w koła ogumione podobnie do samochodu, dzięki czemu zyskują one znacznie większą łatwość poruszania się i przenoszenia z miejsca na miejsce.

Ubijanie betonu nawierzchni wykonywane jest wyłącznie maszynowo, przy czym istnieją dwa zasadnicze typy maszyn ubijających. Przy pierwszym ubijanie następuje przy pomocy stalowej belki lub całego szeregu obok siebie umieszczonych ubijaków młotkowych, przy drugim typie używa się wibrujących belek lub walców (ob. niżej „Nawierzchnie betonowe“).

#### Przykład na ustalenia składu betonu

Należy obliczyć w jakich ilościach potrzebne są poszczególne składniki dla betonu o zawartości 350 kg cementu w 1 m<sup>3</sup> gotowej i ubitej masy (zamiast pisać beton o zawartości 350 kg w 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu używamy skrótu: beton P350), jeśli współczynnik wodnocementowy = 0,3.

Ilość wody na 1 m<sup>3</sup> betonu wyniesie  $0,3 \cdot 350 = 105 \text{ kg} = 105 \text{ ltr.}$

W pierwszym rzędzie ustalamy, ważąc na zwykłej wadze:

ciężar objętościowy cementu =  $1,30 \text{ kg/litr} = 1300 \text{ kg/m}^3$

ciężar objętościowy kruszywa  
(piasek i żwir lub grysy) =  $1,48 \text{ kg/litr} = 1480 \text{ kg/m}^3$

Wszystkie te obliczenia przeprowadzamy w założeniu, że skład kruszywa jest dobry, tzn. że po dokonaniu przesiewu i sporządzeniu wykresu krzywej przesiewu stwierdziliśmy, iż mieści się ona w granicach dobrego uziarnienia (rys. 111).

Zakładamy zupełnie dowolnie, jednak w granicach prawdopodobnych, ciężar gotowego betonu jako równy

$$\underline{2380 \text{ kg/m}^3}$$

Zatem ciężar samego kruszywa w betonie powinien wynieść:

$$2380 - (350 + 105) = 1925 \text{ kg.}$$

Notujemy w zestawieniu, że 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu ma zawierać:

cementu . . . . .	350 kg
kruszywa . . . . .	1925 kg
wody . . . . .	105 kg

razem: 2380 kg

Objętościowo ilość składników będzie następująca:

$$\begin{array}{r} 350 \text{ kg cementu portlandzkiego} = 350 : 1,3 = 269 \text{ litrów} \\ 1925 \text{ kg kruszywa} = 1925 : 1,48 = 1300 \text{ litrów} \\ \hline \text{razem suchej mieszanki} \text{ 1569 litrów} \end{array}$$

Ilości te odpowiadają stosunkowi:

$269 : 1300 = 1 : 4,84$  a więc poniżej  $1 : 5$  przy spólczynniku wodnocementowym 0,3.

Posługując się metalową formą, wykonujemy z powyższego betonu próbną kostkę o wymiarach  $20 \times 20 \times 20$  cm i objętości 8 litrów, oraz przygotowujemy z zapasem i dla wygody obliczenia okrągło 10 litrów mieszanki betonowej, dla której to ilości potrzeba 3,5 kg cementu, 19,25 kg kruszywa i 1,05 kg wody, razem 23,8 kg.

Ważymy wykonaną kostkę, ustalając wagę 18,65 kg.

Rzeczywisty ciężar objętościowy wykonanego betonu będzie:

$$\frac{18,65 \cdot 1000}{8} = 2331 \text{ kg/m}^3$$

Widzimy, że między założoną wagą 2380 kg a otrzymaną 2331 kg jest różnica, wobec czego całe obliczenie musimy powtórzyć, zakładając ponownie wagę betonu w granicach między 2331 a 2380 kg. Obliczenie powtarzamy tak długo, dopóki waga założona i rzeczywista nie będą jednakowe.

### 3. Lepiszcza bitumiczne

Zadaniem lepiszczy bitumicznych jest takie związanie i sklejenie ziaren materiału kamiennego budowanej nawierzchni, aby ani działanie ruchu ani wpływy klimatyczne nie były w stanie ich rozluźnić.

Różnica między lepiszczem cementowym a bitumicznym polega jedynie na charakterze i sposobie wiązania. Cement wiąże kruszywo w twardą i sztywną masę, asfalty zaś i smoly wprawdzie twardnieją, lecz zachowują jeszcze pewną miękkość i plastyczność, dzięki czemu nawierzchnie bitumiczne zaliczają się do mniej hałaśliwych.

#### Asfalty

Asfalem nazywamy produkt pozostający z destylacji ropy naftowej. Oprócz słowa „asfalt“ używa się jeszcze wyrażenia „bitum asfaltowy“. Samo słowo „bitum“ ma znaczenie bardziej ogólne i odnosi się zarówno do asfaltu jak i smoly.

Oprócz ponaftowych (otrzymywanych z ropy naftowej) istnieją jeszcze asfalty w stanie naturalnym, z których najbardziej znanym jest asfalt wydobywany z jeziora asfaltowego na wyspie Trynidad.

Asfalty używane do celów drogowych powinny posiadać pewne specjalne właściwości, które by czyniły je odpornymi na wpływy temperatury, trwałymi, tzn. nie ulegającymi szybkiemu niszczeniu pod



wplywem warunków atmosferycznych właściwych danemu klimatowi, i które nadawałyby im odpowiedni stopień płynności (wiskoza).

Do budowy nawierzchni używamy asfaltów w dwóch postaciach, jako asfalt upłynniony lub w postaci emulsji.

Asfalty upłynnione umożliwiają pracę przy niższych temperaturach — około 100°, podczas gdy zwykłe asfalty wymagają podgrzewania do 170°C. Poza oszczędnością na opale daje to pewne ułatwienie w pracy, ponieważ układanie nawierzchni może się odbywać na zimno po ostygnięciu materiału.

Asfalty upłynnione tworzy się ze zwykłych przez dodanie lżejszych olejów, które dzięki niższej temperaturze wrzenia czynią asfalt bardziej płynnym.

Asfalty krajowe wyrabiane były w Polsce przez kilka firm: Polmin, Karpaty, Galicja i Gazy Ziemne.

Najbardziej znanymi i największymi pod względem produkcji asfaltów zagranicznych były firmy: „Ebano“, „Standard Oil“ i „Shell“.

W handlu używane są 3 gatunki asfaltów: miękkie o penetracji 300, 200 używane do asfaltowania powierzchniowego, średnie o penetracji 80, 65, 45 stosowane do asfaltobetonów i wreszcie twarde, o bardzo niskiej penetracji 25 i 15, nadające się do nawierzchni twar-dolanych.

Przydatność asfaltu dla celów drogowych ustala się na podstawie badań laboratoryjnych, które przeprowadza się na próbce asfaltu o wadze nie mniejszej niż 2 kg, pobranej ze środka beczki.

Badane są następujące właściwości:

1. Ciężar właściwy, który normalnie winien zawierać się w granicach 1,025 do 1,05 kg/litr. Ciężar mniejszy wskazuje na nadmiar olejów lekkich, większy ma zawartość domieszek mineralnych w asfalcie.

2. Temperatura kapnięcia według metody Ubbelohde'go. Badanie polega na ustaleniu temperatury, przy której nastąpi zmiękczenie i w następstwie kapnięcie pierwszej kropli asfaltu umieszczonego w małym (o znormalizowanych wymiarach) naczynku zaopatrzonym w termometr. Naczynko połączone jest z termometrem w ten sposób, że galka rtęciowa całkowicie zanurzona jest w asfalcie. Podgrzewając przyrząd, obserwujemy termometr i notujemy temperaturę w momencie kiedy nastąpi kapnięcie asfaltu.

Temperatura kapnięcia powinna być co najmniej o 18° C wyższa od temperatury mięknięcia, ustalonej metodą Krämer-Sarnowa.

3. Temperatura mięknięcia według Krämer-Sarnowa oznacza temperaturę, przy której słupek rtęci, o określonej wadze, przerwie warstewkę asfaltu, na której się opiera.

Zależnie od gatunku asfaltu temperatura ta powinna znajdować się w granicach:

dla asfaltów o penetracji 300	16—24° C
200	25—30° C
80	31—35° C
65	36—40° C
45	41—45° C

4. Temperatura łamliwości według Fraas'a. Jest to temperatura, przy której asfalt cienko powleczony na stalowej płytce ulegnie pęknięciu w chwili, kiedy zegnijemy płytkę w łuk do pewnych określonych granic. Urządzenie do tego pomiaru nazywa się przyrządem Fraas'a.

Temperatura łamliwości powinna być (dla asfaltów polskich):

dla asfaltu o penetracji 300	nie wyżej	—20° C
200	" "	—15° C
80	" "	—10° C
65	" "	—8° C
45	" "	—6° C

Niskie temperatury czynią asfalt łamliwym i kruchym, wskutek czego traci on na wytrzymałości na rozciąganie. Z tego powodu w okolicach, w których działanie mrozu występuje silniej, należy stosować asfalty o dość niskiej temperaturze łamliwości.

5. Penetracja. Pod tym pojęciem należy rozumieć głębokość na jaką wciśnie się w placek asfaltowy znormalizowana igła stalowa w czasie 5 sekund pod obciążeniem 100 gr i przy temperaturze + 25° C. Głębokość 1 mm odpowiada 10 stopniom penetracji.

Penetracja poprzednio podanych sort asfaltu powinna wynosić:

dla asfaltu 300	nie niżej	300
200		180 — 210
80		70 — 100
65		50 — 70
45		40 — 50

Próbka asfaltu utrzymywana przez 5 godzin w temperaturze 163° C powinna mieć penetrację o wartości co najmniej 40 % penetracji normalnej. Dla dróg o dalekim ruchu można używać asfaltów o penetracji wyższej niż dla dróg o ruchu ciężkim. Im wyższa w danej okolicy jest maksymalna temperatura dzienna, tym niższy powinien być stopień penetracji asfaltu drogowego.

6. Ciągliwość. Mierzona jest w cm długością nitki, jaka utworzy się gdy próbkę asfaltu o określonych wymiarach będziemy rozciągali w temperaturze 25° C z szybkością rozciągania 5 cm na sekundę.

Ciągliwość pozwala nam ocenić wartość asfaltu pod względem odporności na oczekiwane odkształcenia nawierzchni, powstające pod wpływem ruchu.

Dla asfaltu 300 — 150	ciągliwość	ma być większa	od	80	cm
150 — 80	"	"	"	60	"
80 — 50	"	"	"	50	"
50 — 40	"	"	"	40	"
40 — 30	"	"	"	30	"

Poza tym przeprowadza się badania asfaltu podgrzanego do 163°C. Jeśli w tych warunkach traci on na wadze więcej niż 2,5% oraz jeśli punkt mięknięcia zmieni się więcej niż o 10°, a penetracja i ciągliwość o więcej niż 60°, wówczas asfalt nie nadaje się do użytku. Również zmiany w temperaturze łamliwości Fraas'a nie powinny przekraczać granic:

przy asfalcie 300	— 15° C	
200	— 10°	
80	— 8°	
65	— 6°	względnie — 5°
45	— 5°	— 3°

Właściwości asfaltów polskich według Polskich Norm podaje tabela 11.

Tabela 11

Typy	300	150/220	80/150	60/80	40/60	30/40
Ciężar właściwy (15°)	około 1	nie mniej 1	n i e m n i e j 1			
Temp. zapłonu	n i e m n i e j 200° C					
Temp. mięknięcia pierścien i kula	26°—37°	34°—45°	38°—51°	43°—56°	45°—58°	52°—65°
Temp. łamliwości Fraas'a	—20°	—15°	—10°	—8°	—6°	—5°
Penetracja (15°)	170°—75°	—	—	—	—	—
Penetracja (25°)	nie niżej 300°	220°—150°	150°—80°	80°—60°	60°—40°	40°—30°
Ciągliwość (25°)	—	n i e n i ż e j 80 cm 60 cm 50 cm 40 cm 30 cm				
Odparowalność 163° przez 5 godz.	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Penetracja (25°) po odparowaniu	n i e m n i e j 60% pierwotnej penetracji					
Ciągliwość (25°) po odparowaniu	n i e m n i e j 60% pierwotnej ciągliwości					
Rozpuszczalność wszystkich asfaltów w dwusiarczku węgla nie mniej 99%						

Zastosowanie polskich asfaltów:

Typ 300 i 150/220 do upłynniania asfaltów (fluksowanie), wyrobu emulsji, utrwaleń powierzchniowych i bitumowania grysw.

Budowa i utrzymanie dróg 6

Typ 80/150 i 60/80 do makadamów asfaltowych, bitumowania grysów, mas zalewowych (do zalewania spoin), ciężkich typów nawierzchni bitumicznych.

Typ 40/60 i 30/40 do stabilizacji smół, ciężkich typów nawierzchni bitumicznych, asfaltów lanych.

## S m o ł y

Smola jest produktem suchej destylacji drzewa, węgla brunatnego lub węgla kamiennego. Dla celów drogowych używa się wyłącznie smoly z destylacji węgla kamiennego po prawie całkowitym odciążeniu olejów lekkich i częściowym średnich i ciężkich. W skład zatem smoly drogowej wchodzi tzw. pak<sup>\*)</sup> i oleje głównie antracenowe.

Zależnie od stopnia płynności (wiskozy) rozróżnia się w handlu 3 rodzaje smół: rzadkich o wiskozie 10—20, średnich gęstych 20—60 i gęstych 60—100 sekund.

Smoly rzadkie stosowane są do smołowań powierzchniowych przy niższych temperaturach (na wiosnę), kiedy trudno jest o równomierne i cienkie rozprowadzenie smoly po powierzchni drogi.

Do smołowania powierzchniowego używane są również smoly średnio gęste, lecz ze względu na swoją gęstość tylko w czasie ciepłej, letniej pogody. Stosowanie tej smoly na wiosnę jest ryzykowne, gdyż źle rozprowadzona daje pokrowiec z nadmiarem lepizsacza, wskutek czego nawierzchnia staje się miękka i szybko ulega zniszczeniu.

Smoly gęste używane są do utrwalania wgłębnego, makadamów i dywaników smołowych mieszanych maszynowo na gorąco, a układanych najczęściej na zimno.

Przy wyborze typu smoly do nawierzchni należy stosować możliwie najgęstszą smołę, jaka w danych warunkach atmosferycznych da się użyć. Oprócz wspomnianych smół, które noszą ogólną nazwę smół zwykłych, wyrabiane są jeszcze tzw. smoly stabilizowane, czyli smoly z pewnym dodatkiem asfaltu w czasie fabrykacji. Smoly na ogół posiadają skłonność do stosunkowo szybkiego tracenia składników lżejszych (olejów lekkich), wskutek czego twardnieją i pod działaniem mrozu ulegają kruszeniu. Objawy kruszenia się są dostrzegalne na powierzchni nawierzchni, tworzy się na niej bowiem cienka warstwa twardej i szorstkiej powłoki. Aby zabezpieczyć się przed procesem dalszego twardnienia, które z czasem prowadzi do zniszczenia nawierzchni, powlekamy ją cienką warstwą rzadkiej smoly, przyczyniając się w ten sposób do jej odświeżenia.

Z uwagi na wymaganą dokładność i umiejętność wykonania stabilizowanie smoly wykonywane jest zazwyczaj fabrycznie. O ile jednak okoliczności zmuszają do stabilizacji smoly na budowie, to należy pamiętać, że używa się asfaltu twardszego, dodając go w stanie ciepłym w ilości około 20% do gorącej smoly — nigdy na odwrót. Temperatura smoly powinna wynosić około 100°, asfaltu około 140° C. Mieszanie obu składników musi być bardzo dokładne.

<sup>\*)</sup> Pak — pozostałość po całkowitym oddestylowaniu olejów.

Przed użyciem do budowy należy podgrzewaną smołę stabilizowaną stale mieszać, ponieważ przy wszystkich temperaturach wykazuje ona skłonność do rozkładania się na smołę i asfalt, przy czym asfalt jako lżejszy zbiera się na powierzchni zawartości kotła.

Ostatnim wreszcie gatunkiem są smoły płynne, wyrabiane ze zwykłych smół przez domieszanie do nich olejów lekkich, posiadających właściwość rozpuszczania smoły. Dzięki temu staje się ona płynna w niższych temperaturach. Z biegiem czasu oleje parują a w nawierzchni pozostaje zwykła smoła drogowa.

W Polsce używano 2 rodzajów smół płynnych: jeden z nich daje się rozsmarowywać szczotką przy każdej temperaturze, a rozpryskiwać przy wyższej niż  $15^{\circ}\text{C}$ , drugi smaruje się przy min.  $30^{\circ}\text{C}$  rozpyła zaś przy min.  $45^{\circ}\text{C}$ . Wilgotne kruszywo nie stanowi przeszkody przy pracy smołami płynnymi.

Dzięki swym właściwościom nadają się one do robót naprawczych i drobnych robót w chłodnych porach roku.

Przydatność smoły i jej wartość dla robót drogowych ocenić można na budowie na oko, jeśli przy temperaturze  $15 - 20^{\circ}\text{C}$  (temp. pokojowa) wykazuje równomierną płynność oraz wygląd gładki i błyszczący, w palcach daje się ugniatać i jest dość miękka. Szorstka, matowa, ziarnista, twarda i krucha nie przedstawia żadnej wartości.

Tablica 12 podaje główne normy polskie, jakim powinny odpowiadać smoły drogowe.

Tablica 12

Smoły stabilizowane			
Wyszczególnienie	smoła powierzchniowa S. S. I	wglębna S. S. II	do ciężkich nawierzchni S. S. III
Ciężar właściwy ( $25^{\circ}\text{C}$ )	do 1,220	do 1,240	do 1,240
Wagowa zawartość wody	nie większa niż 0,5 %                      0,5 %                      0,5 %		
Zawartość asfaltu wago- wo	15 — 20 %	15 — 20 %	powyżej 15 %
Wiskoza wiskozymetrem w/g B.T.A., otwór 10 mm temperatura $30^{\circ}$	20 — 60 sek	100 — 120 sek	120 — 250 sek

Smoly zwykłe			
Wyszczególnienie	smoly powierzchniowe smoła węglębna		
	S I	S II	S III
Ciężar właściwy (25° C)	do 1,220	do 1,240	do 1,240
Wagowa zawartość wody	nie większa niż 0,5%		
Temp. mięknięcia paku w/g Krämer-Sarnowa	60 — 75°	60 — 75°	60 — 75°
Wiskoza w/g B. T. A. otwór 10 mm temp. 30° C	10 — 20 sek	10 — 20 sek	60 — 100 sek
Smoly płynne			
Wyszczególnienie	smoła zwykła S. Z.	smoła stabilizowana S. Z. S.	
Wagowa zawartość wody	nie większa niż 0,5%		
Wagowa wartość paku	powyżej 40%	powyżej 50%	
Temp. mięknięcia paku w/g Krämer-Sarnowa	60 — 70° C	—	
Wiskoza w temp. 30° C otwór 4 mm	poniżej 20 sek	20 — 60 sek	

Temperatura podgrzewania smoly na budowie nie powinna przekraczać 120° C, ponieważ przy wyższych temperaturach smoła traci pewne bardziej lotne oleje i zmienia przez to swoje właściwości. Ogrzewanie powinno odbywać się powoli przy jednoczesnym bezustannym mieszaniu i sprawdzaniu temperatury na termometrze. Obecność wody w smole powoduje częstokroć przy dojściu do 100° gotowanie się (kipienie), wówczas ogień w kotle należy zmniejszyć i przeczekać okres kipienia. Przy mierzeniu temperatury smoly unikamy dotykania termometrem ścianek kotła, które są zwykle bardziej gorące niż smoła. Termometr powinien być stale zanurzony w smole. Szybkie ogrzewanie smoly może doprowadzić do jej przegrzania, co rozpoznaje się po żółto-zielonkawych dymach, unoszących się z kotła. Przegrzana smoła traci wartość jako lepsze nawierzchniowe.

Jeśli nastąpi wypadek zapalenia się smoły, należy ją gasić piaskiem, nigdy wodą. Jeśli wskutek złej pogody lub nagłego deszczu robota musi być chwilowo przerwana, ale ogień pod kotłami jest utrzymywany, wówczas obniżamy temperaturę smoły do 60° a kotły nakrywamy wiekami, aby zmniejszyć dostęp tlenu. Ciągłe studzenie i podgrzewanie smoły jest niepożądane, z tego powodu należy grzać tylko tyle ile ma być zużyte w ciągu dnia, bez pozostawiania resztki na noc. Po ukończeniu dziennej pracy wskazane jest kotły opróżniać i czyścić ich dna z osadu. Zle oczyszczony kocioł przepala się i ulega szybkiemu niszczeniu.

### Emulsje asfaltowe i smołowe

Emulsją nazywamy pewną formę przeróbki bitumu, która polega na ogrzaniu go do stanu płynności i zmieszaniu z wodą przy jednoczesnym wprowadzeniu pewnych domieszek chemicznych zwanych emulgatorami. Asfalt i smoła są w wodzie nierozpuszczalne przeto, ściślej rzecz biorąc, mieszanie ich z wodą polega na rozbiciu bitumu na mikroskopijne kuleczki, pozostające w wodzie w stanie zawieszonym. Gdybyśmy mieszały asfalt lub smołę w czystej tylko wodzie, to rozdrobnione kuleczki prawie natychmiast poczęłyby się zbijać w jedną masę i w rezultacie otrzymalibyśmy z powrotem osobno wodę, osobno bitum. Aby temu zapobiec dodaje się do wody tzw. emulgatora, tj. chemiczne związki, które posiadają zdolność utrzymywania bitumu przez pewien okres czasu w stanie rozproszonym, czyli w stanie dyspersji.

Po zetknięciu się z materiałem kamiennym emulsja szybko się strąca i wydziela asfalt, który osadza się na materiale kamiennym, woda zaś częściowo paruje a częściowo odplywa.

Strącanie się emulsji nazywamy wiązaniem emulsji, czas zaś potrzebny na strącenie emulsji (od chwili zetknięcia z kamieniem do momentu całkowitego rozpadu) czasem wiązania.

Zależnie do czasu wiązania, który może trwać od kilku do kilkudziesięciu minut, rozróżniamy emulsje szybko- i wolnowiązające.

Ilość wody w asfaltowych emulsjach drogowych wynosi około 50% (dla emulsji smołowych nieco mniej). Jako emulgatora używa się najczęściej mydła alkalicznego w ilości około 0,5 — 2% objętościowo. Emulsje smołowe wymagają więcej emulgatora, ponieważ z uwagi na swój większy ciężar właściwy trudniej się strącają.

Emulsje mają wygląd brunatnej cieczy, która podczas wiązania zmienia się w czarną.

Dobra emulsja powinna odpowiadać następującym warunkom:

1. Tak podczas transportu jak w czasie przechowywania w beczkach nie powinna się rozpadać, w przeciwnym razie jest niezdatna do użytku.

2. W beczkach nie powinna tworzyć osadów.

3. Nie może się rozpadać w beczkach wskutek działania promieni słonecznych lub mrozów.

4. Przy zetknięciu się z kamieniem nawierzchni powinna się łatwo rozpadać, co jest objawem dobrego wiązania.

5. Po ukończonym procesie wiązania w nawierzchni nie powinna się remulgować, tzn. pod wpływem deszczu lub rosy nie powinna z powrotem zamieniać się w emulsję.

W handlu emulsje dostarczane są w beczkach blaszanych lub drewnianych (do 200 kg), na specjalne zaś zamówienie w cysternach kolejowych o zawartości 15 t.

Zaletą emulsji jest prostota wykonania nawierzchni, dzięki czemu można to uskutecznić przez mniej wyspecjalizowanych ludzi; również urządzenia i narzędzia pracy są nieskomplikowane i tanie. Kruszywo i podłoże mogą być wilgotne, byle nie ociekały wodą; trzeba się jedynie wystrzegać deszczu bezpośrednio po wykończeniu nawierzchni. Do robót w chłodnych porach roku używane są specjalne emulsje asfaltowe zimowe, posiadające bardziej silne właściwości wiążące. Emulsji zimowych w lecie stosować nie można.

Przechowywanie emulsji przez dłuższy okres czasu jest niepożądane i zdarzać się może tylko w wypadkach koniecznych, co zresztą połączone jest z ryzykiem.

Przed użyciem emulsję w beczce należy wzruszyć przez toczenie jej po ziemi i stawianie raz na jednym, raz na drugim dnie.

Gdy po otwarciu beczki okaże się w niej wyklączony asfalt, emulsji nie należy używać lecz zwrócić ją firmie do wymiany.

Stosowanie emulsji smołowych do budowy nawierzchni nie dało dotychczas zadawalających rezultatów; próby przeprowadzone zagranicą i w Polsce najczęściej zawodziły, nie oznacza to jednak aby sprawa stosowania emulsji smołowych była tym samym przesądzona.

### Przyczepność lepischer bitumicznych do materiału kamiennego

W materiale kamiennym jeśli chodzi o zdolność dobrego oblepiania się lepischer bitumicznym istnieją dość znaczne różnice. Nie zależy to wyłącznie od szorstkości i chropowatości zewnętrznych powierzchni kamienia; w dużej mierze mają znaczenie charakter i właściwości kamienia, w następstwie których oblepianie może być niedostateczne. Np. hydrofile tj. kamienie posiadające łatwość otaczania się wodą nie wykazują przyczepności w stosunku do olejów, a więc i do materiałów bitumicznych.

Oprócz tego istnieją materiały kamienne, które w połączeniu z bitumami powodują utratę ich własności wiążących, a w następstwie zniszczenie nawierzchni. Obserwacje i badania przeprowadzone w Polsce (przez inż. W. Skalmowskiego) wykazały, że własności takie (zwane własnościami emulgującymi) posiadają pyły gliniaste oraz kamienie zawierające zanieczyszczenia gliniaste lub pył materiału kamiennego, posiadającego domieszki zwietrzałe.

Użycie więc do nawierzchni, a nawet do jej fundamentu materiału kamiennego o zdolnościach emulgujących może na skutek utraty włas-



ności wiążących bitumu sprowadzić przedwczesne jej zniszczenie. Przed zastosowaniem danego gatunku kamienia wskazane jest przeprowadzenie badania laboratoryjnego celem ustalenia stopnia jego zdolności emulgujących, ujętego w formę cyfry (współczynnik emulgacji). Według Skalmowskiego do budowy nawierzchni bitumicznych nie powinien być stosowany materiał kamienny o współczynniku wyższym ponad 0,380.

## b. Podział nawierzchni drogowych

Nawierzchnia jest częścią drogi narażoną bezpośrednio na niszczące działanie odbywającego się na niej ruchu kołowego; sposób jej wykonania, grubość, jakość użytego materiału i wytrzymałość są czynnikami, których zadaniem będzie jak w największym stopniu oprzeć się temu działaniu.

Wybór rodzaju nawierzchni zależy:

1. od rodzaju ruchu, jego natężenia (tj. gęstości) i wielkości obciążenia przypadającego na koło pojazdu drogowego.

Zależnie od wspomnianych czynników rozróżniamy:

nawierzchnie ciężkie jak np.: beton, asfalt lany, asfalt ubijany, beton asfaltowy drobno- i gruboziarnisty, asfalt piaskowy, beton smołowy, nawierzchnie z kostki kamiennej;

nawierzchnie typu średniego jak np.: szutrowki cementowane, makadamy smołowe i asfaltowe, dywaniki asfaltowe, nawierzchnie z grysów bitumowanych, smołowanie i asfaltowanie wglębne;

nawierzchnie lekkie jak np.: asfaltowane lub smołowane powierzchniowo, szutrowki zwykłe tzw. nawierzchnie szosowe i nawierzchnie żwirowe.

2. od wielkości spadków podłużnych niwelety drogi;

3. od jakości podtorza i podłoża, warunków klimatycznych, czasu budowy;

4. od rozporządzalnych środków pieniężnych i materiałów oraz od sposobu utrzymywania i konserwacji drogi.

Ze względu na rodzaj materiału użytego do nawierzchni rozróżniamy:

1. Nawierzchnie bez specjalnego lepiszcza.

Do tych zaliczamy nawierzchnie żwirowe, szosowe, bruki z różnego rodzaju kostki kamiennej, nawierzchnie klinkierowe i z kostek ze szlaku wysokopieczowej;

2. Nawierzchnie o lepiszczu bitumicznym, asfaltowym i smołowym;

3. Nawierzchnie o lepiszczu cementowym (naw. betonowe i szutrowki cementowane).

Z wymienionych nawierzchni o lepiszczu bitumicznym, asfaltu ubijanego używa się przeważnie tylko na ulicach miejskich i to na ogół rzadko (zbyt śliski, mało szorstki), asfalt zaś lany nieekonomiczny,

bo wymagający zbyt dużo bitumu, wykonywany jest również w wypadkach tylko wyjątkowych, z tego też powodu nie będziemy bliżej się zajmować sposobem wykonania tych nawierzchni.

### c. Nawierzchnie zwirowe

Wytrzymują tylko lekki ruch o małym natężeniu.

Materiał kamienny. Najczęściej używany jest żwir kopalny z zawartością 5 — 10% mułu gliniastego. Jeśli żwir jest zbyt ubogi lub gdy używamy żwiru rzeczno, wówczas brakującą ilość mułu należy podczas walcowania dodać do nawierzchni.

Zazwyczaj stosuje się 3 gatunki żwiru o uziarnieniu:

0 — 15 mm      15 — 30 mm      30 — 70 mm

Podłoże. Przed ułożeniem nawierzchni doprowadzamy groblę drogową do porządku, wykonując w niej koryto o głębokości odpowiadającej grubości projektowanej nawierzchni. Jeżeli do budowy grobli drogowej użyty został zły materiał ziemny, z gruntu wodonieprzepuszczalnego, wówczas należy przeprowadzić roboty odwadniające, zakładając w odstępach co 5 — 10 m, zależnie od rodzaju gruntu, kamienne sączki poprzeczne o wymiarach od 15/25 do 30/40 cm, wypełnione żwirem, kamieniami lub tłuczniem oraz pokrywając całe koryto przepuszczalną warstwą filtracyjną z gruboziarnistego piasku na grubość 15 — 20 cm. Po uwalcowaniu walcem ręcznym, lub lekkim walcem motorowym, warstwa filtracyjna stanowi gotowe podłoże, na którym można rozpocząć układanie nawierzchni (rys. 115).

Należy baczyć, aby po wykonaniu i wygładzeniu koryta nie puszczać ruchu kołowego, gdyż wklęsnięcia i koleiny wyciśnięte przez koła pojazdów będą stanowiły miejsca gromadzenia się wody deszczowej lub rozlewanej w czasie walcowania nawierzchni.

Wykonanie nawierzchni (rys. 116). Nawierzchnie zwirowe buduje się co najmniej dwu- a lepiej trzywarstwowe. Warstwy dolne gruboziarniste, górna ze żwiru o ziarnach 0 — 15 mm.

#### a. Nawierzchnia zwirowa 2-warstwowa.

Na uwalcowaną warstwę filtracyjną układamy pierwszą dolną warstwę żwiru 15 — 40 mm na grubość 15 — 20 cm, po czym ugniatamy ją walcem motorowym wagi 4 — 6 ton. Przy suchym żwirze i słonecznej pogodzie stosujemy polewanie wodą, jednak z umiarem, aby nie nastąpiło przewilgocenie podłoża.

Wałowanie rozpoczynamy od skrajów koryta, przesuwając się stopniowo ku środkowi drogi; zakończenie wałowania następuje gdy pod kołami walca przestaną tworzyć się fale.

Do obowiązków majstra lub nadzorca, prowadzącego robotę, należy stałe kontrolowanie przekroju poprzecznego i utrzymanie wierzchu warstwy na wysokości zgodnej z projektem i niweletą.

Po ukończeniu wałowania warstwy dolnej наносimy na grubość około 5 cm żwir warstwy górnej o ziarnach 0 — 15 mm, po czym wałujemy ją aż do zupełnego sprasowania nawierzchni, stosując bardziej obfite polewanie wodą.

Urządzenia do polewania wodą muszą być lekkie; ciężkie beczkowozwozy nie są wskazane, gdyż kołami niszczą pracę walca. Jeśli nie rozporządza się mechanicznymi pompami z rozpylaczem, można polewać z konewek zaopatrzonych w sitka.

#### b. Nawierzchnia żwirowa 3-warstwowa.

Sposób wykonania jest taki sam jak przy nawierzchni 2-warstwowej, z tą różnicą, że rozściela się i wałkuje kolejno 3 warstwy: dolną o uziarnieniu 30 — 70 mm, grubości 10 — 15 cm; pośrednią o ziarnach 15 — 30 mm, grubości około 5 cm (dla zaklinowania warstwy dolnej) i wreszcie górną 0 — 15 mm, grubości również około 5 cm. Do warstwy dolnej zamiast żwiru można używać gruz betonowy i ceglany, albo otoczaki  $\varnothing$  10 — 12 cm układane ręcznie jak podkład kamienny.

Robocizna i narzędzia. Partia robocza złożona z 1 majstra, 1 mechanika i 17 — 20 robotników może wykonać dziennie 200 do 250 m<sup>2</sup> nawierzchni.

Narzędzia: 2 sita o oczkach 15 — 17 mm, lub sito mechaniczne 2-stopniowe,

2 sita o oczkach 35 — 40 mm,

3 konewki lub 1 pompa mechaniczna,

1 beczkowóz do dowożenia wody,

1 wał motorowy wagi 4 — 6 ton,

1 komplet krzyżów, 2 łąty ważne, poziomnica, sznury trasownicze,

1 młot, siekiera, łom, szpic żelazny,

robotnicy zaopatrzeni w łopaty i kilofy.

Konserwacja. Do łatania wybojów i pogrubiania całej nawierzchni używa się żwiru o uziarnieniu 0 — 15 mm z większą zawartością domieszek gliniastych (około 10%). Pogrubienie nawierzchni musi nastąpić, gdy warstwa wierzchnia wykazuje grubość 3 cm.

Nawierzchnie żwirowe, po których odbywa się niewielki ruch kołowy z przewagą ruchu samochodowego, można ulepszyć powierzchniowym smołowaniem lub asfaltowaniem (patrz w rozdziale o bitumowaniu powierzchniowym).

Dobrze wykonane nawierzchnie żwirowe są dobrym podłożem dla nawierzchni betonowych nawet ciężkiego typu, oraz pod nawierzchnie makadamowe bitumiczne lekkich typów.

#### d. Nawierzchnie szosowe (rys. 117).

Wiadomości ogólne. Zależnie od twardości materiału kamiennego i rodzaju obciążenia ruchem, nawierzchnie szosowe otrzymu-

ją grubość od 7 do 12 cm. Jeśli w pewnych specjalnych warunkach wymagana jest grubość ponad 12 cm, wówczas układanie i wałowanie powinno się odbywać w dwóch warstwach, przy czym do warstwy dolnej używa się tłucznia z materiału kamiennego bardziej miękkiego i o grubszym uziarnieniu, do górnej z twardego i o drobniejszych ziarnach.

Wielkość ziaren tłucznia waha się w granicach 35 — 55 mm, zależnie od twardości kamienia.

Tłuczeń stanowi szkielet nawierzchni; rozkłada się go równomiernymi warstwami na wykładce podłoża kamiennego w ilości około 100 — 180 kg/m<sup>2</sup> jezdni.

Szkielet tłuczniowy wypełnia się materiałem kamiennym o drobniejszym uziarnieniu (żwir i gruby grys 15 — 20 mm). Wypełnienie osiąga się przez zawałowanie i wprasowanie drobniejszego materiału rozścielonego na powierzchni tłucznia. Pod wpływem nacisku walca żwir lub grys włacza się w wolne przestrzenie pomiędzy grubymi ziarnami tłucznia, zaklinowując go i nadając mu pewne napięcie usztywniające.

Zawałowany i zaklinowany szkielet tłuczniowy musi być oprócz tego uszczelniony i związany, co osiąga się przez tak zwane zaszlamowanie nawierzchni zupełnie drobnym materiałem kamiennym w postaci grysiku i piasku. Rozsypany po powierzchni tłucznia grysik i piasek wałuje się przy jednoczesnym użyciu wody.

Zbyt drobne uziarnienie górnej powłoki powoduje pod działaniem ruchu przedwczesne psucie się nawierzchni, za grube ziarna nie dają gładkiej i równej nawierzchni, a przez to powiększają dynamiczne uderzenia kół, co również zgubnie działa na trwałość nawierzchni. Pożądane jest, aby uziarnienie górnej warstwy było jak najbardziej równomierne, o ziarnach możliwie jednakowej wielkości i z materiału kamiennego jednorodnego o dużej twardości.

Jednorodność materiału kamiennego daje równomierne ścieranie się i zużywanie nawierzchni.

Materiał na kliny oraz materiał wiążący nie powinien zawierać żadnych składników, które by rozpuszczały się w wodzie. W bardzo dużej mierze trwałość nawierzchni zależy od dobroci owych drobnych cząsteczek, wiążących szkielet tłuczniowy. Czysty i ostroziarnisty piasek nie posiada zupełnie własności wiążących. Jeśli jednak używa się tłucznia wapiennego (twardy wapień), to można stosować czysty piasek, gdyż wapień ścierający się pod wpływem ruchu wytwarza pył, który ma doskonałe własności wiążące.

Wykonanie nawierzchni. Przed wykonaniem nawierzchni należy przystąpić do przesortowania materiału kamiennego przez jego przesianie na 3 gatunki:

- 30 — 55 mm
- 15 — 30 mm
- 5 — 15 mm (miał kamienny)

Na ukończonym i zawałowanym podłożu kamiennym rozkładamy warstwę tłucznia sorty 30 — 55 mm, o grubości równającej się 1,2 dn 1,3 grubości projektowanej nawierzchni. Jeśli zatem chcemy, aby wykonana nawierzchnia miała ostateczną grubość 12 cm, to rozścielona warstwa powinna mieć  $1,2 \cdot 12 = 14,4$  cm w zaokrągleniu 15 cm. Rozesłany tłuczeń wałujemy ciężkim walcem 10 — 15 ton, polewając jednocześnie tłuczeń wodą do chwili kiedy zniknie fala tworząca się pod kołami walca. Tworzące się podczas wałowania nierówności uzupełnia się wyłącznie tłuczniem.

Z kolei następuje rozsypanie kłińca równomierną i cienką warstwą w ilości około 20 litrów, m<sup>2</sup>, poczem dalsze wałowanie z użyciem wody do polewania. Po stwierdzeniu dostatecznego zaklinowania się tłucznia rozsypujemy cienką warstewkę mialu o uziarnieniu 5 — 15 mm w ilości około 10 litrów/m<sup>2</sup> i w dalszym ciągu wałujemy aż do zupełnego stężenia nawierzchni.

Na zakończenie rozsypujemy kopalny żwir 0 — 10 mm warstwą 5 — 10 mm grubości, zawałowując go kilkakrotnie walcem.

Do polewania wodą w czasie wałowania wskazane jest używanie pomp mechanicznych zamiast beczkowozów, które działaniem kół bezustannie niszczą pracę walca.

Jeśli na drodze przewiduje się ruch samochodowy, wskazane jest ograniczenie szybkości ruchu do 30 km/g przynajmniej przez okres pierwszych 4 tygodni, aby pozwolić nawierzchni na lepsze związanie i stwardnienie. W tym okresie należy dbać, aby nawierzchnia całkowicie pokryta żwirem była zawsze dostatecznie wilgotna. W czasie upałów wskazane jest polewanie wodą z beczkowozów.

Przygotowanie tłucznia. Rozdrobnienie materiału kamiennego na tłuczeń może być osiągnięte ręcznie lub mechanicznie. Dla nawierzchni szosowej najkorzystniejszym jest kubiczny kształt ziaren tłucznia z chropowatymi powierzchniami i ostrymi krawędziami. Maszyny do łamania kamieni (łamacze, tłuczki) dostarczają materiału o ziarnach płaskich i wydłużonych, co niejednokrotnie wymaga dodatkowego ręcznego przetłuczenia. Jeśli chodzi o jakość tj. kształt i jednokowe wielkości ziaren tłucznia, ręczne tłuczenie daje lepsze rezultaty, natomiast koszt maszynowej produkcji jest tańszy.

Wydajność przeciętnego przenośnego łamacza szczękowego napędzanego motorem o mocy 20 — 25 KM wynosi około 5 m<sup>3</sup>/godzinę. Łamacze montowane na stałe mają wydajność nieco większą. Do obsługi przenośnych łamaczy oprócz mechanika wystarczy 2 — 3 ludzi.

Należy zwracać uwagę aby dostarczony kamień był dostosowany do możliwości łamacza. Zbyt duże odłamy kamienia powodują dławienie się wskutek przeciążenia motoru.

Zużyte lub uszkodzone szczęki należy natychmiast zastępować nowymi. Dla twardego materiału kamiennego lepiej nadają się łamacze szczękowe dwuwahadłowe. Tam gdzie chodzi o większe wydajności używa się łamaczy stożkowych.

Wydajność pracy: 1 robotnik w ciągu 8 godzin może przetłuc 1,5 — 2 m<sup>3</sup> miękkiego kamienia, 0,8 — 1,2 średnio twardego i 0,5 — 0,7 m<sup>3</sup> twardego.

1 m<sup>3</sup> kamienia łamanego dostarcza w sumie około 1,2 — 1,3 m<sup>3</sup> tłucznia grysu i miału.

Walce drogowe. Walce konne dziś są prawie całkowicie wyparte przez walce motorowe z silnikami parowymi lub spalinowymi.

### Ogólne zasady pracy walca

1. Rozmiar kół walca powinien być dostatecznie duży; im mniejsza średnica kół tym mniejsza powierzchnia dotyku z wałowaną powierzchnią i tym większy nacisk jednostkowy na grunt i jego osiadanie. W takich warunkach wałowanie np. tłucznia nie da żadnych rezultatów, gdyż miast ugniataniu poszczególne ziarna kamieni będą ulegały stałemu przesuwaniu z miejsca na miejsce.

2. Walec powinien posiadać tryby wyrównawcze zezwalające na niezależny ruch obu tylnych kół. Bez takiego urządzenia przy zwrotach na łuku lub przy skrętach następowałoby wkręcanie się walca w tłuczeń i psucie pracy wałowania.

3. Zmiana kierunku jazdy na przeciwny musi odbywać się bez szarpań i wstrząsów; w tym celu walec powinien być zaopatrzony w bardzo elastyczne sprzęgła.

4. Wszystkie koła walca powinny automatycznie dostosowywać się do kształtu przekroju poprzecznego drogi; temu wymaganiu najbardziej odpowiadają walce z tylną osią łamaną.

5. Zmiana i przystosowanie wagi walca do bieżących potrzeb powinno być łatwe i szybkie. Powiększenie ciężaru walca osiąga się przez przykręcanie do kół specjalnie odlewanych stalowych ciężarów, lub wlewanie wody do wnętrza kół wykonywanych w kształcie bębnow.

Na kierowców-mechaników należy używać ludzi przeszkolonych i doświadczonych.

Ruchliwość i zwrotność walca ma szczególne znaczenie dla dróg górskich o bardzo ostrych krzywiznach oraz dla nawierzchni bitumicznych, a specjalnie dla smołowych kładzionych na gorąco, gdzie początkowo wymaga się szybkiego wałowania, w miarę zaś twardnienia powłoki przechodzi się do szybkości mniejszych. Poza tym nowoczesne nawierzchnie bitumiczne wymagają tzw. prasowania tj. wałowania w różnych kierunkach — podłużnie, poprzecznie i skośnie do osi drogi.

Aby uniknąć tworzenia się fal pod kołami walca, pożądane jest jak najbardziej równomierne rozłożenie ciężaru walca; z tego powodu np. w walcach motorowych silnik montuje się poprzecznie w stosunku do ich osi podłużnej.

Mniejszy rozstaw kół zapewnia lepszą zwrotność walca. Walce najnowszych konstrukcji mają rozstaw zmniejszony do 2,4 m, walce 2-kołowe, tzw. tandemy, do 1,5 m.

Rozmieszczenie kół walca 3-kołowego jest tak pomyślane, że ich ślady zachodzą na siebie na szerokość od 100 do 300 mm. Większe nakrywanie się śladów ma szczególne znaczenie podczas wałowania drogi na krzywiznach, kiedy następuje pewne przesunięcie się śladów i mogłyby powstać luki niesprasowanych powierzchni. Niebezpieczeństwo to nie istnieje przy walcach tandemowych. Na korzyść walców trójkołowych przemawia jednak взгляд, że ich konstrukcja pozwala na obniżenie środka ciężkości całej maszyny, jak również na dużą dowolność w wymiarowaniu średnic kół.

Stanowisko kierowcy walca musi zapewniać dobrą widzialność całej wałowanej powierzchni oraz wygodny dostęp do wszystkich dzwigni wprawiających w ruch i zatrzymujących mechanizm motoru.

W pracy, walce z silnikami spalinowymi są korzystniejsze od parowych; koszt materiałów pędnych jest niższy, a oprócz tego odpada koszt i kłopot, jak również strata czasu na podtrzymywanie ognia w kotłach parowych podczas przerw w pracy.

Moc silników powinna wystarczać na pokonanie największych wzniesień przewidywanych na drodze, np. przy przeciętnie stosowanych pochyleniach dla walca 10-tonowego wystarczy motor o mocy 20 do 25 KM.

Szybkość poruszania się walca jest niewielka. Wolna jazda daje dłużej trwający nacisk na wałowaną powierzchnię, co szczególnie pożądane jest pod koniec wałowania. W tych warunkach w zupełności wystarczającym jest jednocylindrowy dwutaktowy silnik Diesla o 500—600 obrotach/minutę, bardzo prosty i łatwy do obsługi.

Waga najczęściej spotykanych 3-kołowych walców drogowych (rys. 274) wynosi: 4, 6, 8, 10 i 12 ton. Walce parowe produkowane są w wadze 18 — 20 ton.

Lżejsze od trzykołowych walce tandemowe, o podstawowej wadze 5 ton, używane są do ugniatania nawierzchni bitumowanych powierzchniowo oraz do cięższych typów nawierzchni bitumicznych o drobnym uziarnieniu kruszywa.

Jak już wyżej wspomniano, zaletą nowszych typów walców jest lepsze rozłożenie ciężaru na obie osie. W starszych typach stosunek obciążenia osi tylnej do przedniej wynosił 4 : 3, dając w rezultacie nierównomierne prasowanie nawierzchni. Wszelkie nierówności i fale, tworzące się pod działaniem tylnych kół, nie były dostatecznie wyrównywane przez zbyt lekkie koło przednie. Tymczasem od nawierzchni nowoczesnych wymaga się gładkiej i równej powierzchni.

Załączona tablica 13 podaje typ 3-kołowych walców produkowanych przez firmę Maschinenbau-und Bahnbedarf A. G. (dawniej Orenstein i Koppeln).

Tablica 13

T y p:	W <sub>6</sub>	W <sub>6</sub>	W <sub>8</sub>	W <sub>10</sub>
Waga w tonach . . .	6,7	6,9	8,21	10,2
Możliwość powiększenia wagi o ton. . .	2 koło przednie	2 napeln. wodą	2 koło tylne	2 napeln. piaskiem
Nacisk jednostkowy koła przedn. (bez balastu) w kg/cm <sup>2</sup> . . .	19	20	26,5	31
Nacisk jedn. koła tylnego (bez balastu) w km/cm <sup>2</sup> . . . . .	52	53,5	53	60
Nacisk jedn. koła przedniego (z balastem) w kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	27	28	33,5	38
Nacisk jedn. koła tyln. (z balastem) w kg/cm <sup>2</sup>	66,5	67	65	71
Moc silnika w KM . . . . .	22	33	33	37
Szybkość poruszania się w km/godzinę . . .	1,2 — 2,6	2,1 — 4,55		3,6 — 7,8
Przykrywanie się śladów kół przednich i tylnych w cm . . . . .	12	12	15	17,5
Rozstaw osi w m. . . . .	2,4	2,4	2,4	2,4
Pokonywane wzniesienie w czasie jazdy (bez balastu) w % . . . . .	18	20	20	17,5
Pokonywane wzniesienie w czasie wałowania (bez balastu) w %	10	20	16	9
Pokonywane wzniesienie w czasie jazdy (bez balastu) w % . . . . .	11	20	18	12,5
jak wyżej w czasie wałowania . . . . .	3	13	10	4,5

Typ W<sub>6</sub> z silnikiem 33 KM nadaje się do wałowania dróg górskich o dużych pochyleniach.



Wszystkie walce są konstruowane tak, że przez przysrubowanie dodatkowych pierścieni można poszerzać obręcze kół i w ten sposób zmniejszać nacisk jednostkowy na powierzchnię wałowania.

**Wałowanie.** Decydując się na wybór typu walca musimy mieć na względzie nośność podtorza, rodzaj nawierzchni oraz nośność mostów i przepustów.

Podtorze z gliny, lub niedostatecznie osiadłe nasypy wymagają użycia lżejszych walców; podczas silnych opadów atmosferycznych wałowanie należy przerwać, aby uniknąć wciskania się kamieni podłoża (kamiennego) w rozmiękczone podtorze. Po deszczu, jeśli wałuje się odcinki drogi o dłuższych pochyleniach, ugniatanie należy rozpoznać od partii wyżej położonych i szybciej schnących.

Użycie do wałowania nawierzchni szosowej nieodpowiedniego i zbyt ciężkiego walca może przynieść jak najgorsze rezultaty. Częstki tłucznia będą ulegały bezustannym przesunięciom, tworzenie się fal nie ustanie, a zawałowanie nawierzchni nie nastąpi w ogóle.

Doświadczenie uczy, że warstwy tłucznia grubsze niż 8—10 cm wymagają niewspółmiernie dłuższego czasu wałowania, z tego powodu przy grubości np. 14 cm może się okazać bardziej ekonomiczne wałowanie dwóch warstw po 7 cm każda; w tym wypadku ugniecenie warstwy dolnej nie może być za ścisłe, aby mogło nastąpić dobre powiązanie z warstwą górną.

Wałowanie rozpoczyna się od skrajów nawierzchni ze stopniowym przesuwaniem się ku środkowi, na łukach, z jednostronnymi przechyłkami od strony wewnętrznej (niżej położonej) ku zewnętrznej. Przesunięcie następnego śladu wałowania powinno wynosić nie więcej jak 30—50 cm. Ugniatanie ma się odbywać zawsze w tym samym kierunku, w przeciwnym razie nastąpi stałe niszczenie wykonanej pracy.

Wałowanie jest ukończone, gdy pod kołami ustanie tworzenie się fal, a przeciętnej wielkości ziarno tłucznia rzucone pod koło, ulegnie zmiążdżeniu miast wgnieceniu.

Szlamowanie natomiast można uważać za skończone, gdy grys i piasek przestaną oblepiać koła, a na powierzchni po przejściu walca pozostanie lekko sfalowany płynny szlam. Na zakończenie, po całkowitym wyschnięciu nawierzchni, rozsypuje się na niej czysty piasek (bez domieszek gliniastych) na grubość 1 cm i z lekka przywałowuje.

Kiedy za zadanie mamy pogrubienie starej nawierzchni szosowej, należy ją najpierw oczyścić dokładnie z pyłu lub błota, po czym przy pomocy kilofów ponacinać płytkimi skośnymi rowkami (skośnie na krzyż) w odstępie jednego metra, wszystkie zagłębienia i nierówności rozkuć kilofami i wypełnić tłuczniem, następnie rozesać na całej szerokości potrzebną warstwę tłucznia i rozpocząć wałowanie. Wskazane jest intensywne polewanie wodą. Dla dobrego zczepienia się świeżo nasypanego tłucznia ze starą nawierzchnią dobrze jest oprócz rowków skośnych wykonać na skrajach jezdni rowki podłużne.

## Błędy popełniane podczas wałowania

Często popełnianym błędem jest przedwczesne rozścielenie klinca na niedostatecznie zawałowanym tłuczniu. Zamiast zaklinowania następuje zmieszanie materiału kamiennego; wpływa to ujemnie na wytrzymałość nawierzchni.

Mimo bardzo starannego wałowania zdarzają się w nawierzchni takie miejsca, które bezustannie fałują. Uporczywe usiłowania zawałowania tych miejsc są przeważnie bezcelowe, ponieważ przyczyna tkwi w podtorzu, w którym znajdują się wilgotne gniazda gliny, nie usunięte w czasie wykonywania podłoża.

Do często popełnianych błędów należy również nadmierne rozsypanie drobnego klinca, zmniejszającego skuteczność wałowania.

## Koszt wałowania

Ilość przejść walca w czasie wałowania zależy od twardości kamienia i jego zdolności ugniatania się. Przy grubości nawierzchni 7—12 cm trzeba od 60 do 120 przejść.

Zużycie paliwa na godzinę wynosi dla walców motorowych przeciętnie od 1,3 do 2,5 kg, smarów 0,3 kg.

1 m<sup>3</sup> gotowej zawałowanej nawierzchni wymaga około 1,5 m<sup>3</sup> luźnego tłucznia, jeśli zatem chcemy otrzymać grubość nawierzchni 7—10 cm, rozścielamy 11—15 cm materiału kamiennego.

Na wybudowanie 1 m<sup>2</sup> nawierzchni szosowej trzeba:

tłucznia 40—70 i 20—40 mm	około 140 kg
klinca 10—20 mm	„ 20 kg
piasku	„ 10 litrów
robocizny (rob. niewykwalifikowanego)	„ 0,3 godz.
wałowanie wynosi około 5% kosztów robocizny i materiałów.	

## Utrzymywanie nawierzchni szosowych

Konserwacja tych nawierzchni może być przeprowadzana w dwojaki sposób:

1. przez łatanie dziur i wybojów,
2. przez pogrubienie warstwy tłucznia na całej szerokości jezdni.

1. Łatanie. Ten rodzaj naprawy przeprowadza się, gdy zużycie nawierzchni jest niewielkie, a zniszczenie nastąpiło przez potworzenie się dziur i wybojów.

Zasadą konserwacji nawierzchni szosowych jest natychmiastowa naprawa drobnych uszkodzeń, by nie przybrały one większych rozmiarów.

Wyboje i koleiny wypełnia się tłuczniem, po czym polewa wodą i ubija, zasypując na zakończenie miałem lub piaskiem.

Naprawiane miejsce należy najpierw rozkuć kilofem na głębokość najniższego miejsca koleiny lub wyboju w ten sposób, aby zachować

pionowość bocznych ścianek wykonanego wgłębienia. Dozorca robót, wyprzedzając partię robotników, wyznacza kształt dziur przeznaczonych do rozkucia, kreśląc go ostrym rylcem na powierzchni jezdni.

Starannie oczyszczone wgłębienie polewa się wodą i wypełnia grysem, zwirem lub tłuczniem, zależnie od głębokości i wielkości wyboju oraz szybkości i ciężaru poruszających się na drodze pojazdów. Tłuczeń stosuje się wtedy, gdy głębokość wyboju równa jest co najmniej grubości przeciętnego ziarna tłucznia. Zasadą jest użycie takiego samego tłucznia z jakiego wykonana jest nawierzchnia.

Wgłębienie wypełnione materiałem kamiennym przysypuje się warstwą miału lub piasku, a w wypadku użycia tłucznia warstwą klinca, miału i piasku. Należy pamiętać, że naprawione miejsce musi być wygórowane i wyniesione ponad poziom nawierzchni z zapasem, który zostanie zniwelowany przez odbywający się na drodze ruch kołowy.

Załatane wyboje pozostawia się najczęściej do zajeżdżenia ruchem; gdy jest ich więcej wskazane jest wałowanie.

Dla tego rodzaju robót najbardziej odpowiednimi są wilgotne pory roku, gdyż wtedy materiał kamienny nawierzchni jest nieco rozluźniony i dobrze wiąże się ze świeżo nanoszonym tłuczniem

2. **P o g r u b i a n i e.** Jest ono stosowane przy znacznym zużyciu nawierzchniowej warstwy tłucznia. Naprawa taka przeprowadzana jest na całej szerokości jezdni i na dłuższych odcinkach drogi, w okresach najmniejszego natężenia ruchu.

Pierwszą czynnością jest dokładne usunięcie z nawierzchni kurzu lub błota, po czym może nastąpić rozścielanie tłucznia. Jeśli stara nawierzchnia jest bardzo gładka i zachodzi obawa, że wałowany tłuczeń nie będzie się mógł z nią należycie szepić, wówczas przeprowadzamy zabieg, czyniący nawierzchnię bardziej chropowatą.

Najlepsze rezultaty w tym wypadku daje tzw. zrywacz (maszyna do zrywania starych nawierzchni szosowych) przyczepiany lub wmontowany do walca; ten ostatni typ jest mniej wygodny w użyciu. Maszyna ta zaopatrzona jest w grube, stalowe kły, ryjące na powierzchni szosy rowki na potrzebną głębokość.

W braku zrywacza równie dobrze, lecz nieco drożej, wykonać można tę czynność przy pomocy kilofów, ryjąc rowki na krzyż, skośnie do osi drogi. Odstęp rowków 1 — 2 m, głębokość — na grubość jednego ziarna tłucznia. Rycie rowków przeprowadza się na długości, odpowiadającej dziennej wydajności pracy pogrubiania.

Po ryciu bruzd następuje ponowne oczyszczenie nawierzchni, obfite skropienie wodą i rozsypanie tłucznia, poczem wałowanie i wykończenie w sposób taki sam, jak przy budowie nowej nawierzchni.

## e. Bitumowanie powierzchniowe

Należy rozróżnić bitumowanie powierzchniowe:

- pojedyncze,
- podwójne,
- wzmocnione.

Może ono być wykonane na gorąco przy użyciu asfaltu, smoły i mieszanki asfaltowo-smołowej, lub na zimno emulsjami bitumicznymi. Ten ostatni sposób ma na ogół rzadkie zastosowanie i przeważnie tylko dla dróg znaczenia drugorzędowego, albo do robót naprawczych.

Bitumowanie powierzchniowe jest jednym z najstarszych sposobów ulepszania istniejących nawierzchni szosowych. Myślą przewodnią było zastosowanie smoły jako środka pyłochłonnego wobec plągi kurzu na drogach, rosnącej w miarę rozwoju ruchu samochodowego. Wzmocnienie nawierzchni tą metodą jest stosunkowo nieznaczne, toteż bitumowanie powierzchniowe przeprowadza się dla dróg o niewielkim ruchu kołowym. Ciężki ruch konny szybko niszczy nawierzchnię i wskutek tego kosztu konserwacji drogi są niewspółmiernie wysokie.

Bitumowanie powierzchniowe wymaga nadzwyczaj starannego przygotowania istniejącej nawierzchni tłuczniowej.

Jeżeli nawierzchnia szosowa jest świeżo wykonana, przed rozpoczęciem bitumowania należy ją oddać na pewien czas na użytek ruchu, aby nastąpiło lepsze związanie i ugniecenie warstwy tłucznia. Stare tłuczniówki powinno się najpierw gruntownie wylatać i w wypadku silnego ich zużycia pogrubzić. Pozostawione wyboje powodowałyby gromadzenie się ściekającego bitumu i tworzenie w nawierzchni lekkich wzdęć.

Po wykonaniu robót wstępnych przeprowadza się dokładne oczyszczenie tłuczniówki, używając mechanicznych szczotek lub ciężkich ręcznych szczotek drucianych albo z piassawy. Stosowanie mycia silnym strumieniem wody nie jest wskazane, gdyż może spowodować zbyt silne zawilgocenie nawierzchni. Czyszczenie tłucznia strumieniem wody dopuszczalne jest jedynie przy użyciu emulsji bitumicznych i smół płynnych, które są mniej wrażliwe na wilgoć.

Najbardziej odpowiednie pochylenie poprzeczne jezdni dla nawierzchni smołowanych leży w granicach 2 — 3‰.

Odcinki drogi zacienione i zawilgocone (jak to zazwyczaj bywa w terenie zalesionym), oraz odcinki o pochyleniach podłużnych ponad 12‰ nie nadają się do utrwalania powierzchniowego, gdyż jego zadaniem jest raczej tworzenie asfaltowej lub smołowej powłoki chłonnącej pył. Nawierzchnie tego typu bardzo słabo wytrzymują ruch kołowy, zwłaszcza konny o dużym natężeniu.

Bitumowanie powierzchniowe na gorąco powinno być wykonywane podczas bezdeszczowej pogody i w temperaturze otoczenia powyżej + 5°C.

Przeprowadzając utrwalanie powierzchniowe na gorąco podgrzewamy:

smołę do temperatury	100 — 120°C
smołę stabilizowaną	110 — 130°C
asfalt	160 — 180°C

Rozlewanie bitumu może odbywać się ręcznie (przy robotach niewielkich) małymi nitowanymi kubelkami (rys. 119), zaopatrzonymi w dzioby (lutowanie nie wytrzymuje wysokiej temperatury asfaltu), przy czym natychmiast po rozlaniu powinno nastąpić rozsmarowanie bitumu przy pomocy gumowego suwaka. Głębokość wnikania bitumu w tłuczeń ma wynosić co najmniej 2 — 3 cm.

Na większych budowach stosuje się rozpryskiwanie przy pomocy specjalnych kotłów przewoźnych zaopatrzonych w pompę oraz podgrzewacz, zapobiegający stygnięciu bitumu (rys. 120), albo też używa się pompy, która tłoczy płynny bitum bezpośrednio do dyszy rozpryskującej.

Rozpryskiwanie powinno tworzyć na powierzchni tłucznia jak najcięższą warstewkę, trzeba jednak zwracać baczną uwagę, aby nie pozostawiać miejsc niepokrytych. Nadmiar asfaltu lub smoły jest szkodliwy, gdyż powoduje tworzenie się nierówności i szybkie niszczenie nawierzchni. Jeśli bitum zbija się w małe kuleczki, jest to dowodem niestarannego oczyszczenia nawierzchni z pyłu.

Rozlewanie emulsji odbywa się tak samo, z tą tylko różnicą, że przy pracy ręcznej można używać konewek lutowanych ze specjalnymi nasadkami wylotowymi (rys. 121).

Natychmiast po rozpryskaniu, dopóki jeszcze bitum jest ciepły, a emulsja nie uległa strąceniu, szuflami rozsypuje się grys, wykonując przy tym szeroki zamach, aby osiągnąć możliwie cienkie i równomierne pokrycie. Wszelkie skupienia lub niedomiar grysu wyrównuje się ostatecznie szczotkami. Należy unikać wysypywania kruszywa z taczek na rozpryskany bitum.

Nadmiar grysu jest niepożądany, ma go być tyle, aby wszystkie jego ziarenka były przyklejone do bitumu.

Po zajeźdzeniu nawierzchni nadmiar grysu zmiata się szczotkami.

Grys używany do utrwalania powierzchniowego powinien być suchy i pozbawiony pyłu. Suszenie może się odbywać na słońcu przez rozścielanie go cienką warstwą na dużej powierzchni (do kilkunastu metrów kwadratowych).

Bitumowanie podwójne polega na powtórzeniu czynności utrwalania pojedynczego; otrzymuje się w ten sposób podwójną powłokę bitumiczną.

Bitumowanie wzmocnione, stosowane gdy droga przechodzi przez mniejsze osiedla (wieś), przewiduje przed rozsypywaniem czystego grysu rozłożenie cienkiej warstewki grysu bitumowanego 10 — 25 mm.

Utrwalanie powierzchniowe dając bardziej wygładzoną powierzchnię szosy ułatwia spływ wody deszczowej, dzięki czemu możemy stosować znacznie mniejsze pochylenia poprzeczne jezdni.

## Zużycie materiałów:

## 1. Bitumowanie powierzchniowe pojedyncze:

smoły lub asfaltu . . . . .	1,5 — 2 kg/m <sup>2</sup>
grysu 5 — 10 mm . . . . .	16 — 20 kg/m <sup>2</sup>
lub: emulsji asfaltowej . . . . .	1,5 — 2,5 kg/m <sup>2</sup>
grysu 2 — 8 mm . . . . .	10 — 18 kg/m <sup>2</sup>

## 2. Dla drugiej powłoki (przy utrwal. podwójnym):

smoły lub asfaltu . . . . .	1,0 — 1,3 kg/m <sup>2</sup>
grysu 2 — 8 lub 5 — 15 mm . . . . .	12 — 18 kg/m <sup>2</sup>
lub: emulsji asfaltowej . . . . .	1,5 — 2,5 kg/m <sup>2</sup>
grysu 2 — 8 mm . . . . .	10 — 18 kg/m <sup>2</sup>

## Bitumowanie wzmocnione:

asfaltu albo smoły . . . . .	0,8 — 1,2 kg/m <sup>2</sup>
grysu asfaltowego lub smoło- wanego 10 — 25 mm . . . . .	15 — 25 kg/m <sup>2</sup>
grysu czystego 2 — 5 mm . . . . .	3 — 5 kg/m <sup>2</sup>

Celem zwiększenia szorstkości nawierzchni, potrzebnej gdy droga ma silne nachylenia podłużne, stosuje się emulsje o wysokiej viskozii asfaltu, rozsmarowywane szczotkami w ilości 4 — 4,5 kg/m<sup>2</sup> i zasypywane czystym grysem o uziarnieniu 5 — 25 mm lub 25 — 35 mm w ilości 30 — 35 kg/m<sup>2</sup>.

Do utrwalania powierzchniowego używano w Polsce następujących smół: SI, SII, SS.I i smoły płynnej.

## U w a g i p r a k t y c z n e:

1. Wyrównanie profilu drogi musi być bardzo starannie wykonane, gdyż wszelkie późniejsze wyrównywanie grysem i smołą jest niedopuszczalne.
2. Dym wydzielający się z kotła, dyszy, lub garczków, z których rozlewamy smołę, jest oznaką przegrzania się smoły.
3. Podczas ciepłej pogody, gdy smoła daje się rozlewać przy niższej temperaturze, temperaturę podgrzewania można obniżyć, zaoszczędzając w ten sposób na opale.
4. Przy utrwalaniu na gorąco należy rozsypywać grys natychmiast po rozpryskaniu bitumu, aby nie nastąpiło jego nadmierne ostudzenie. Zimny asfalt nie chwytą grysu, którego luźne ziarenka są później porywane przez koła pojazdów.
5. Rozsypywanie grysu powinno być powierzane wprawionym robotnikom, którzy potrafią jednym zamachem szufli rozsypać go równomiernie na powierzchni wykonywanej jezdni.
6. Jeśli przewidywane jest wałowanie rozsypanego grysu, używać należy walców typu lekkiego (4 — 6 ton), aby nie nastąpiło miażdżenie materiału kamiennego.

## f. Nawierzchnie bitumiczne

Wiadomości ogólne. Należy rozróżnić dwa zasadnicze typy nawierzchni bitumicznych:

- budowane sposobem makadamowym,
- budowane na zasadzie „minimum próżni“.

Typ pierwszy, wykonywany podobnie do nawierzchni szosowych, jest słabszy i wystarcza dla średniego ruchu, typ drugi, wykonywany w sposób podobny do betonu, odpowiada wymaganiom ruchu najcięższego.

Dzięki swej elastyczności nawierzchnie bitumiczne są mniej wrażliwe na wszelkie ruchy i osiadanie podłoża, niż sztywne nawierzchnie o lepszemu cementowym. Mogą one dość znacznie odkształcać się bez szkody dla ich spoiwości wewnętrznej. Z tego powodu są one łatwiejsze do naprawy, która może się odbywać bez przerywania ruchu kołowego.

Nie mniej przeto nawierzchnie bitumiczne wymagają bardzo starannego odwodnienia podtorza oraz wykonania go z materiału wolnego od gliny, marglu i łu, ponieważ składniki te działają na smołę i asfalty w sposób rozkładający je.

Przede wszystkim jednak najważniejsze dla trwałości nawierzchni jest mocne i twarde podłoże betonowe lub kamienne. Doskonałym podłożem jest stara dobrze zajędzona nawierzchnia szosowa, odpowiednio wyrównana i w razie potrzeby pogrubiona. Przed wykorzystaniem starej tłuczniówki na podłoże dla nawierzchni bitumicznej, należy zbadać jej stan, grubość i rodzaj materiału kamiennego w niej zawartego. Nadmierna zawartość gliny w lepszemu starej tłuczniówki jest niepożądana, gdyż woda lub wilgoć łatwo ją rozmiękcza, naruszając jej sztywność i potrzebną nośność. Na ogół jednak, poza nielicznymi wyjątkami, stare nawierzchnie szosowe odpowiadają całkowicie stawianym przez nas wymaganiom wytrzymałościowym.

Ponieważ ze względu na bezpieczeństwo ruchu nawierzchnie bitumiczne winny posiadać małe pochylecia poprzeczne (przy systemie makadamowym poniżej 3%, betonowym nie wyżej 2%), spadki poprzeczne starych tłuczniówek 4 — 5% należy odpowiednio przerobić. Zwykle nadsypanie tłuczniem do wymaganego profilu jest niewystarczające, ponieważ pod działaniem walca, zwłaszcza kiedy przewiduje się poszerzenie jezdni, nastąpi nierównomierne ugniecenie i w różnych miejscach podłoże będzie miało niejednakową nośność. Toteż najpierw zrywa się starą jezdnię na głębokość 5 — 15 cm, zależnie od jej stanu i grubości, by potem wykorzystując to co zostało móc na niej wybudować mocne podłoże kamienne. Zerwany tłuczeń w budowie się ponownie, z grubsza przesiewając go ręcznie widłami. Odpadki odsiane, nieużyteczne dla podłoża, przydadzą się na podwyższenie poboczy.

Stare nawierzchnie szosowe lub brukowane mogą być wykorzystane tylko w tym wypadku, jeśli ich zużycie nie jest nadmierne.

Na doprowadzenie starej szosy do porządku wystarcza w przybliżeniu 2,5 — 7 m<sup>3</sup> tłucznia na 100 m<sup>2</sup> powierzchni.

Zrywanie starej jezdni nie powinno naruszać całości wykładki kamiennej, stanowiącej fundament tłuczniówki.

Budowa podłoża, przerabianego z istniejącej nawierzchni szosowej, powinna być wykonana na pewien czas przed kładzeniem jezdni bitumicznej; osiągniemy w ten sposób dobre jego zajeżdzenie się, lepsze związanie i zeszywnienie. Powstałe przy tej okazji drobne uszkodzenia i wyboje usuwa się bezpośrednio przed układaniem nawierzchni ulepszonej. Pozostawienie profilu poprzecznego podłoża, niewyrównanego na gładko, byłoby później przyczyną tworzenia się wybojów w samej już nawierzchni bitumicznej.

Odcinki drogi narażone na wilgoć, gdy trasa przebiega głębokim wykopem lub przez las, nie nadają się dla tego rodzaju nawierzchni. Chcąc je zachować trzeba w terenie lesistym wyrębać drzewa w pasach po 20 m szerokości z każdej strony drogi, a oprócz tego przeprowadzić bardzo staranne i szybkie odwodnienie jezdni. Również nie jest wskazane stosowanie tych nawierzchni na obszarach o silnie rozwiniętej gospodarce rolnej, wymagającej wielu dojazdów z pól. W tym wypadku bardzo szkodliwymi dla bitumu są zanieczyszczenia gnojem i błotem nanoszonym przez wozy.

Podobnie nieprzychylny warunki stwarza teren górski. Często zmiany pogody, następujące po sobie odwilże i mrozy, konieczność używania łańcuchów w czasie jazdy samochodu po śniegu, w niszczący sposób działają na nawierzchnię.

Gładka powierzchnia jezdni bitumicznej zmniejsza możliwości hamowania samochodu, a tym samym przez poślizgi i zarzucenia wozu stwarza większe niebezpieczeństwo jazdy. Z tego powodu nawierzchniom bitumicznym nie daje się większych pochyleń podłużnych jak 7%. Jeśli większe pochYLENIE jest nieuniknione czynimy nawierzchnię bardziej szorstką przez wykonanie górnej warstwy z grubego, twardego grys. W nawierzchniach bitumicznych typu betonowego radzimy sobie przeciwnie, stosując kruszywo bardziej miękkie, ponieważ materiał nawierzchni jest ciałem bardziej jednorodnym i pracuje całą swoją masą. W budowie szkieletowej (makadamy) obciążenie ruchem przemawiane jest wyłącznie przez kruszywo i to tylko przez niektóre punkty jego powierzchni.

Kamienie o lepszemu gliniastym ścierają się pod wpływem ruchu na pył gliniasty, o którym wiadomo, że działa rozkładająco szczególnie na smołę.

Takich kamieni należy unikać, posługując się w pierwszym rzędzie bazaltami i diabazami, oraz sjenitami i diorytami, które mają właściwość dobrego otaczania się bitumem, znacznie lepszą niż np. granit.

Z piaskowców i wapieni w rachubę wchodzi tylko bogate w kwarc i związane lepiszczem krzemionkowym lub wapiennym. Wapienie otaczają się bitumem dobrze.



Duży wpływ na jakość nawierzchni ma odporność kamienia na działanie wysokich temperatur, na które kruszywo narażone jest podczas ogrzewania, suszenia i mieszania z bitumem.

Nawierzchnie bitumiczne typu betonowego muszą być po bokach obramowane kamiennym wzmocnieniem z bruku lub zatopionych krańcówników. Jeśli nie jest to przewidziane, zakładamy na czas wałowania tymczasowe wzmocnienia z silnych belek drewnianych, po których usunięciu pozostałe wgłębienia należy szczelnie wypełnić masą bitumiczną do poziomu jezdni. Oprócz tego ciepłe jeszcze brzegi nawierzchni ubijamy ręcznie, przez co nastąpi lepsze połączenie się jej ze świeżo naniesioną masą.

Podczas wałowania nawierzchni bitumicznej należy unikać wszystkiego, co mogłoby wywołać nierównomierne zagęszczenie masy nawierzchniowej, jak np. zatrzymywanie się walca, lub częste zmiany kierunku walcowania.

Do wałowania używa się walców wagi 12 do 15 ton, zaopatrzonych w urządzenia zabezpieczające przed splywaniem lub kapaniem na nawierzchnię oleju maszynowego. Temperatura masy bitumicznej powinna wynosić około 100° C.

Przy nawierzchniach smołowych, po ukończeniu wałowania głównego wskazane jest dodatkowe przewałowanie lekkim walcem celem usunięcia pozostałych drobnych nierówności. Czynność tę nazywamy prasowaniem nawierzchni. W czasie prasowania walec porusza się w różnych kierunkach, zależnie od potrzeby, podczas gdy przy wałowaniu głównym dopuszczalny jest tylko kierunek podłużny.

Wałowanie grysów bitumowanych (otaczanych bitumem) jest tylko częściowe, doprowadza się je do takiego stopnia, aby wykonana nawierzchnia była w stanie przejmować obciążenia ruchem. Ostateczne zagęszczenie nawierzchni pozostawia się działaniu ruchu kołowego przez zajeżdżenie.

Smoła wbudowywana na gorąco posiada właściwość szybkiego stygnięcia, zwłaszcza podczas chłodnej pogody. W zetknięciu z zimnym ziarnem kruszywa między kamieniem a smołą tworzy się cienki stężały kożuszek, zmniejszający w dużym stopniu własności przyczepne smoły. Wskutek tego, pod wpływem jakiegokolwiek działania mechanicznego, następuje łatwe oddzielanie się smoły od kamienia. Poza tym zgęstniała smoła jest niezdolna do głębokiego wnikania w kruszywo, gromadząc się w mniejszym lub większym stopniu w górnych jego warstwach. W czasie upalnych, słonecznych dni następuje „pocenie się” nawierzchni, tj. wypływanie nadmiaru smoły na wierzch. Z tego powodu w okresach chłódów bardziej wskazane jest używanie smół płynnych lub emulsji.

Z biegiem czasu, pod wpływem ulatniania się olejów lekkich i działania dwutlenku węgla zawartego w powietrzu, nawierzchnia smołowa traci swą elastyczność, przekształcając się w twardą, kruchą skorupę o niskiej wytrzymałości na rozciąganie. Wady tej nie posiadają nawierzchnie asfaltowe.

Twardnienie smoły nie powinno się posuwać zbyt daleko w głąb nawierzchni; z tego powodu należy zapobiegać łatwemu dostępowi powietrza do jej wnętrza, uszczelniając od góry powierzchniowym smołowaniem, lub układając górną warstwę ścieralną nawierzchni jako szczelną warstwę typu betonowego tj. zestawioną na zasadzie najmniejszej ilości wolnych przestrzeni (np. beton smołowy).

Bitumowanie wgłębne. Jeśli zamiast zaszlamowania makadamowej warstwy tłucznia zastosujemy nasycenie jej na pewną głębokość gorącą smołą lub asfaltem, to otrzymamy tzw. nawierzchnię smołowaną wgłębnie; różni się przy tym nasycenie wgłębne lub półwgłębne, zależnie od tego czy proces nasycania obejmuje całą grubość warstwy tłuczniowej, czy tylko jej części górnej.

Ten rodzaj nawierzchni nie znalazł dziś szerszego zastosowania, ponieważ bardzo trudno jest osiągnąć równomierne rozmieszczenie lepiszcza bitumicznego w warstwie tłuczniowej i doprowadzić do tego, aby każde ziarno tłucznia powleczone było całkowicie błonką bitumiczną. Poza tym w stosunku do otrzymanej nawierzchni zużycie lepiszcza jest nadmierne i nieekonomiczne.

Wprawdzie wykonanie smołowania wgłębne jest bardzo proste i nieskomplikowane, niemniej jednak wymaga ono doświadczonych robotników, którzy potrafią bitum rozlewać równomiernie. Miejsca nadmiernie nasycone asfaltem lub smołą ulegają bezustannemu falowaniu pod kołami walca. Szybki ruch samochodowy powiększa jeszcze w znacznym stopniu tworzenie się fal, co w następstwie przyspiesza psucie się nawierzchni.

Smołowanie wgłębne. Na przygotowanym podłożu kamiennym (wykładka) rozsypujemy i wyrównujemy do profilu według drewnianego profilu 8 cm warstwę tłucznia o ziarnach 30 — 60 mm. Następnie wałujemy tłuczeń na sucho do momentu, kiedy pod kołami walca przestaną się tworzyć fale. Miażdżenie się ziaren kamienia pod walcem jest wskaźnikiem, że wałowanie należy przerwać (ciężar walca 10 — 12 ton). Na uwałowanym tłuczniu rozścielamy 10 — 15 kg/m<sup>2</sup> grysu o ziarnach 15—25 mm, tzn. tylko tyle ile potrzeba na zaklinowanie tłucznia. Kilkoma przejściami walca pomagamy dobremu zaklinowaniu. Nie należy wałować zbyt długo, aby nie miażdżyć grysu.

Następnie rozlewamy ogrzaną do 100—120° C smołę w ilości 3 kg/m<sup>2</sup>, po czym natychmiast rozsypujemy grys 15 — 25 mm w ilości 20 — 25 kg/m<sup>2</sup> i lekko przywałowujemy. Z kolei następuje drugi nawal smoły w ilości jednak mniejszej (2 kg/m<sup>2</sup>) i drugie przykrycie drobniejszym grysem 5 — 15 mm w ilości 15 — 20 kg/m<sup>2</sup> z lekkim przywałowaniem (kilkakrotne przejście walca).

Na zakończenie wykonujemy pokrowiec z 1,5 kg/m<sup>2</sup> smoły i 15 — 20 kg/m<sup>2</sup> grysu 5 — 15 mm.

Drugie smołowanie najlepiej jest przeprowadzać nazajutrz po pierwszym, aby smoła miała czas nieco odparować i stwardnieć.

Do rozlewania smoły należy używać rozpryskiwaczy.

Otwarcie ruchu pożądane jest nie wcześniej niż w 3 dni po ukończeniu nawierzchni.

Jako materiału na grysy należy użyć kamienia twardego i niezwiertzałego.

Dla wykonania 500 — 700 m<sup>2</sup> smołowania wgłębnego w ciągu 8 godzin potrzeba:

10 — 20 ludzi;

2 rozpryskiwacze o pojemności po 300 kg każdy;

4 kotły podgrzewacze.

Smołowanie wgłębne podane zostało dla przykładu, aby czytelnik mógł zdać sobie sprawę ze sposobu wykonywania tego rodzaju nawierzchni. Asfaltowanie wgłębne oraz bitumowanie półwgłębne robi się podobnie, wobec jednak coraz rzadszego stosowania tych nawierzchni szczegółowy opis wykonania zostaje pominięty.

Nawierzchnia smołospoinowa. Jest to również nawierzchnia typu makadamowego, z tą różnicą, że dla zaklinowania i związania tłuczni używa się uprzednio przygotowanych grysów smołowanych, które mogą być wbudowane do nawierzchni na zimno.

Za podłoże mogą służyć stare jezdnie tłuczniowe z odpowiednio przerobionym i dostosowanym profilem, lub te same jezdnie po zerwaniu zużytej wierzchniej warstwy tłuczni i naniesieniu nowej, o uziarnieniu możliwie jednakowym i z twardego kamienia. Najodpowiedniejszą jest średnica ziaren 30 — 50 mm przy zastosowaniu smoły i 40 — 60 mm przy lepiszczu asfaltowym. Po krótko trwającym wałowaniu następuje rozpryskiwanie gorącej (100 — 120° C) smoły, a podczas wilgotnej pogody emulsji lub płynnej smoły na zimno. Po strąceniu się emulsji, względnie po rozpryskaniu gorącej smoły rozsypuje się bitumowany grys o średnicy ziaren 5 — 15 mm, lub 3/15 — 5/15 mm jeśli użyty jest asfalt. Rozpryskiwany grys wałuje się bezustannie do momentu kiedy nawierzchnia „stanie“, tzn. kiedy grys przestanie się wciskać w warstwę tłuczni. Wszystkie nierównomierności rozsypywania powinny być natychmiast w czasie wałowania wyrównywane podsypywaniem świeżego grysu. Górna warstwa zamykająca (około 1,5 — 2 cm grubości), wykonywana jest również z grysów bitumowanych, wałowanie odbywa się walcem cięższym 10 — 12 ton (poprzednie roboty walcem do 10 ton). Na zakończenie, jeśli nie przewiduje się smołowania powierzchniowego, należy rozsypać i lekko zawałować czysty grys 5 — 15 mm lub bitumowany miał kamienny 0,5 mm. Smołowanie powierzchniowe wymaga najpierw utworzenia na pewien czas ruchu na drodze dla zajeżdżenia nawierzchni.

Zamknięcie nawierzchni może być również osiągnięte warstwą betonu asfaltowego lub smołowego, tzn. mieszaniną zestawioną na zasadzie „minimum próżni“. Wystarczy grubość warstewki 1,5 — 2 cm, a układanie jej może odbywać się tylko wtedy, gdy poprzednio użyte grysy otaczane wbudowywane były na gorąco.

Całkowita grubość nawierzchni smołospoinowej po zawałowaniu wynosi około 7 — 8 cm.

Do opryskiwania tłucznia używa się normalnie smoły o wiskozie 10/17, a przy temperaturze dziennej ponad 20° C nawet 20/35, smoły zaś stabilizowane 40/70. Dla wilgotnego tłucznia może być użyta emulsja asfaltowa.

Do otaczania grysów najlepiej nadają się smoły zwykle lub stabilizowane o wiskozie 40/70 przy temperaturze dziennej do 15° C, przy wyższej od 15° C smoły zwykle i stabilizowane o wiskozie 80 125, wreszcie asfalty o penetracji 200.

Zalecane jest użycie grysów otaczanych maszynowo w fabrykach, lub, jeśli dysponuje się własnym grysem, przesłanie go do fabryki dla otoczenia. Ma się w ten sposób gwarancję prawidłowego wykonania tej pracy przez ludzi fachowych i wyszkolonych.

Pokrowiec stanowiący zakończenie nawierzchni, a wykonany na zasadzie „minimum próżni“ nie potrzebuje smołowania lub asfaltowania powierzchniowego; wystarczy cienkie rozsypanie bitumowanego piasku (piasek otaczany asfaltem lub smołą), równomierne rozprzestrzenienie go szczotkami i lekkie przewalowanie.

Zużycie materiałów kamiennych wynosi przy nawierzchni smołospoinowej:

tłucznia . . . . .	około 100 kg/m <sup>2</sup>
grysu i miału . . . . .	około 50 — 70 kg/m <sup>2</sup>

przy nawierzchni asfaltospoinowej:

tłucznia . . . . .	około 100 — 120 kg/m <sup>2</sup>
grysu i miału . . . . .	około 35 — 45 km/m <sup>2</sup>

Do tego dochodzi zużycie około 1 kg bitumu na opryskanie tłucznia i 0,5 — 0,8 kg/m<sup>2</sup> na powierzchniowe spryskanie.

Wydajność pracy:

W ciągu 8 godzin partia złożona z 1 przodownika, 1 maszynisty od walca, 3 robotników wykwalifikowanych i 8 — 10 rob. niewykwalifikowanych może wykonać 500 — 700 m<sup>2</sup> nawierzchni smołospoinowej o grubości 8 cm.

Ten typ nawierzchni znalazł w Niemczech dość duże zastosowanie i dał dobre rezultaty. Szczególnie nadaje się on dla ruchu średniego, wytrzymując, zależnie od natężenia ruchu, 5 — 8 lat.

Koszt budowy jest stosunkowo niski i w porównaniu z nawierzchnią szosową wynosi jak 4,5 : 3.

Pochylenie podłużne drogi z nawierzchnią smołospoinową może dochodzić do 7‰.

Makadamy bitumiczne. Zależnie od rodzaju użytego lepszca będziemy rozróżniali makadam smołowy i makadam asfaltowy.

Zasada budowy nawierzchni jest taka sama jak makadamów tłuczniowych, z tą różnicą, że w miejsce czystego tłucznia i grysów kładzie się materiał kamienny smołowany lub otaczany asfaltem, dostarczany

z fabryk w gotowym do użycia stanie. W większości wypadków budowę nawierzchni przeprowadza się na zimno.

Makadamy bitumiczne grubości od 5—6 cm wykonuje się w 2 warstwach, od 7—8 cm w 3 warstwach wałowanych każda z osobna; zamknięcie nawierzchni stanowi cienki pokrowiec bitumiczny, którego zadaniem jest uszczelnienie porowatego makadamu i nie dopuszczenie wody do jego wnętrza. Obecność wody w nawierzchni stanowi szczególne niebezpieczeństwo w okresie zimowym, zamarzająca bowiem woda, powiększając swą objętość będzie rozsadzała nawierzchnię i niszczyła jej spójność.

Dwuwarstwowy makadam: do dolnej warstwy używa się kruszywa o uziarnieniu 15—45 mm, przy czym około  $\frac{1}{3}$  tego uziarnienia ma średnicę 15—25 mm i  $\frac{2}{3}$  25—45 mm. Całe kruszywo otoczone jest smolą lub asfaltem w ilości równej 3—4% wagi otaczanego materiału kamiennego. Na 1 m<sup>2</sup> potrzeba mniej więcej 80—180 kg otaczanego bitumem tłucznia.

Warstwa górna sporządzana jest z grysów 2—15 mm ( $\frac{1}{3}$  grysu 2—5 mm,  $\frac{2}{3}$  grysu 5/15) otoczonego 4—5,5% bitumu wagowo. Na 1 m<sup>2</sup> nawierzchni potrzeba około 35—40 kg grysów otaczanych. Oprócz tego posypujemy górną warstwę nawierzchni czystym drobnym grysem 2—5 mm w ilości 3—5 kg/m<sup>2</sup>.

Pokrowiec zamykający wymaga: 1—1,2 kg m<sup>2</sup> lepiszcza bitumicznego oraz 12—18 kg m<sup>2</sup> grysu 2—8 mm, a dla dróg o większych pochyleniach podłużnych grysu grubszego 5—15 mm.

Trzywarstwowy makadam: do warstwy dolnej używa się 90 do 120 kg/m<sup>2</sup> tłucznia o ziarnach 25—45 mm lub 35—55 mm otoczonego 3% bitumu wagowo.

Do warstwy pośredniej trzeba 25—40 kg/m<sup>2</sup> grysu 15—25 mm otoczonego 3,5—4,5% bitumu wagowo, do warstwy górnej 35—45 kg<sup>2</sup> grysu 5—15 lub 2—15 mm otoczonego 4—4,5% bitumu wagowo. Oprócz tego posypujemy górną warstwę 3—5 kg/m<sup>2</sup> czystym grysem 2—5 mm, albo lekko bitumowanym miałem kamiennym o uziarnieniu 0—5 mm. Ilość bitumu do otoczenia miału wynosi około 2% wagowo.

Pokrowiec zamykający wykonujemy tak samo jak w makadamie dwuwarstwowym.

Za podłoże służy najczęściej wykładka kamienna, wyrównana warstwą tłucznia do potrzebnego profilu poprzecznego.

Sposób budowy: rozścielanie otaczanego kruszywa odbywa się pomiędzy podłużnymi łątami drewnianymi, ułożonymi wzdłuż skrajów nawierzchni. Grubość łąt musi dokładnie odpowiadać grubości układanej warstwy. Przed wałowaniem należy je usunąć.

Ciężar walca nie powinien przekraczać 10—12 ton. Wałowania nie przeprowadza się całkowicie, jak to się zdarza w niewierzchniach szosowych, lecz częściowo (podwałowanie), pozostawiając dalsze ugnia-

tanie późniejszemu działaniu ruchu kołowego (zajeżdżanie ruchem). Unika się w ten sposób przesuwania poszczególnych ziaren kamienia pod kołami walca, które następuje podczas zbyt intensywnego ugniatania.

Po zawałowaniu warstwy dolnej następuje z kolei ułożenie i wałowanie górnej. Ponieważ dłuższe wałowanie jest zbędne, stąd układanie tego rodzaju nawierzchni postępuje dość szybko.

Jeśli wałowana na gorąco warstwa tłucznia ulega stałemu falowaniu, co zdarza się gdy materiał kamienny zbyt bogato został otoczony bitumem, wówczas wałowanie należy przerwać aż do chwili ostatecznego ostygnięcia masy.

Wybór najodpowiedniejszego lepiszcza bitumicznego zależy od temperatury powietrza w jakiej się pracuje, oraz od właściwości materiału kamiennego. W Niemczech do budowy makadamów na zimno używa się przy temperaturze poniżej  $15^{\circ}\text{C}$  smół zwykłych lub stabilizowanych o wiskozie 40/70, w temp. ponad  $15^{\circ}\text{C}$  tych samych rodzajów smół o wiskozie 80/125.

W Polsce miały zastosowanie: do warstwy dolnej smoła SIII, do górnej smoła stabilizowana SSII. Podczas chłodnej pogody smołę SIII, o ile okaże się zbyt gęsta, można rozcieńczyć smołą rzadszą.

Jako kruszywo może być użyty materiał kamienny ze skał wybuchowych, twardych piaskowców o lepiszczu wapiennym, twardych wapieni i szlaki wysokopieczowej. Kamień powinien być zdrowy, niezwiędzły i bez własności emulgacyjnych.

W makadamach asfaltowych miejsce smoły zajmują asfalty upłynnione. Doświadczenie wykazało, że zestawianie kruszywa na zasadzie betonu gruboziarnistego jest bardziej celowe, a mieszanie z asfaltem powinno się odbywać w mieszarkach w temperaturze  $135^{\circ}\text{C}$ .

Makadamy asfaltowe budowane na takiej zasadzie jak smołowe, straciły ostatnio na popularności.

Pokrowiec zamykający wykonuje się w 2 miesiące po ułożeniu makadamu. Tyle mniej więcej czasu wymaga proces odparowywania bardziej lotnych części bitumu i zajeżdżania nawierzchni.

W makadamach smołowych zamiast zwykłego pokrowca zamykającego lepiej jest stosować cienką warstwę masy dobranej na zasadzie minimum próżni. Ma to szczególne znaczenie na drogach, na których słabe pokrowczyki nie wytrzymują niszczącego działania haceli i żelaznych obręczy.

Wydajność pracy: partia ludzi złożona z przodownika, maszynisty, 4 robotników wykwalifikowanych i 8 — 10 robotników zwykłych może wykonać w ciągu 8-godzinnego dnia pracy 500 — 600  $\text{m}^2$  nawierzchni.

Betony bitumiczne. Pod nazwą betonu bitumicznego rozumie się masę wykonywaną, układaną i wałowaną na gorąco, składa-

jącą się z mieszaniny piasku, grysiku, grysu, wypełniacza (mączki kamiennej) i smoły lub asfaltu.

Zależnie od rodzaju użytego lepiszcza rozróżniamy:

beton asfaltowy,  
smołowy beton asfaltowy,  
asfaltowy beton smołowy,  
beton smołowy.

W nawierzchniach zestawianych na zasadzie „minimum próżni“, kruszywo różnego uziarnienia tak jest dobierane, aby po zmieszaniu grubych grysów z drobniejszymi grysami, piaskiem i mączką kamienną otrzymać mieszaninę zawierającą jak najmniej przestrzeni wypełnionych powietrzem. Dobór poszczególnych składników musi odbywać się tak, jak to się zdarza przy projektowaniu składu betonu cementowego, stąd pochodzi użycie słowa „beton“ do nawierzchni bitumicznych.

W makadamowym sposobie budowy zasada betonowa nie odgrywa żadnej roli, gdyż szkielet tłuczniowy zestawiany jest bez względu na ilość zawartych w nim próżni, a więc na sposób tłuczniowych nawierzchni szosowych, których związanie następuje pod ugniatającym działaniem walca i późniejszego ruchu kołowego. W makadamach bitumicznych zadaniem lepiszcza jest powierzchniowe sklejenie i uszczelnienie nawierzchni, szkielet natomiast tłuczniowy ma charakter konstrukcji, przejmującej na siebie wszelkie obciążenia.

W strukturze betonowej charakter nośny kruszywa znika; lepiszcze bitumiczne, oblepiając równomiernie wszystkie cząsteczki materiału kamiennego, skleja kruszywo w zwięzłą masę, która w całości przejmuje na siebie obciążenie ruchem.

Ilość potrzebnego lepiszcza zależy w pierwszym rzędzie od wartości wolnych przestrzeni w kruszywie. Nie może go być za mało, bo wówczas pozostaną częściowo puste miejsca, w które będzie się mogła dostawać woda. Zamarzająca w porze zimowej woda wywoła pęknięcie i rozsądanie betonu, niszcząc nawierzchnię. Nie może go być również za dużo, ponieważ masa betonowa będzie zbyt miękka i w czasie wałowania, jak również pod działaniem przyszłego ruchu kołowego, nastąpi wzajemne przesuwanie się cząsteczek kruszywa, co musi mieć ujemny wpływ na stan nawierzchni.

Lepiszczka musi być tyle, aby przy najmniejszej jego ilości osiągnąć całkowite wypełnienie próżnych przestrzeni, zapewniając jednocześnie kruszywu możliwie najlepsze zlepienie wszystkich jego ziaren.

Budowa nawierzchni betonowych wymaga bardzo dużego doświadczenia, z tego powodu powierzana bywa zazwyczaj odpowiedzialnym i fachowym przedsiębiorstwom.

Mimo zadawalających rezultatów betony smołowe i asfaltowe betony smołowe miały dotychczas dość ograniczony zakres stosowania.

Wybór rodzaju nawierzchni zależy od miejscowych warunków, własności podłoża i podtorza (nośność, mokre lub suche położenie), rodzaju ruchu i obciążeń itp. Znajomość wspomnianych względów jest

konieczna między innymi dla późniejszej oceny przyczyn powstających w nawierzchni uszkodzeń.

Budowę należy wykonywać w lecie, aby przed nadejściem wilgotnej jesieni nawierzchnia miała czas uszczelnić się pod działaniem ruchu.

### 1. Beton asfaltowy i smołowy beton asfaltowy

Szkielet kamienny stanowią: grysik (tj. pozostałość na sicie 2 mm) piasek i wypełniacz (mączka kamienna). Mączka kamienna powinna przechodzić całkowicie przez sito 0,25 mm. Piasek ma uziarnienie w granicach 0,25 — 2 mm.

Zawartość grysiku i grubość jego uziarnienia zależne są od grubości projektowanej nawierzchni i wielkości obciążenia ruchem.

W miarę wzrostu obu wymienionych czynników rośnie grubość uziarnienia, w wypadku jednak przewagi ruchu kołowego na obręczach żelaznych należy trzymać się zasady przeciwnej, a mianowicie stosować grysy drobniejsze.

Ze względu na wielkość ziarn kruszywa rozróżniamy 3 rodzaje betonu asfaltowego:

- beton asfaltowy gruby,
- beton asfaltowy średni,
- beton asfaltowy drobny.

Do betonów drobnych używamy grysików szlachetnych o uziarnieniu 2 — 8 mm. Gryśmy szlachetnymi nazywamy materiał kamienny dwukrotnie maszynowo łamany i przesiewany, o ziarnach 2/5, 5/16 i 16/25 mm.

Grysy zwykle raz łamane są mniej jednorodne, posiadają ziarna o różnych kształtach z dużą ilością płaskaczy (płaskich ziaren) i z tego powodu mniej nadają się do budowy nawierzchni opartych na zasadzie minimum próżni.

Do betonów grubych używa się grysów grubszych, przy czym wskazane jest mieszanie gatunków 2/5 z 5/16 i 16/25 mm.

W Polsce beton asfaltowy zaliczał się do grubego, gdy większość ziaren grysu była mniejsza od 25 mm, do średniego i drobnego gdy mniejsza od 12,5 mm.

Piasek może być kopalny, rzeczny lub nawet wyrabiany maszynowo (mielenie kwarcu). Bardzo często używa się mieszanek piaskowych, np. smołowy beton asfaltowy (znany u nas pod nazwą Komdrobitu) z reguły powinien zawierać w sobie pewną domieszkę sztucznego piasku mielonego.

Jako wypełniacza używa się mączki wapiennej bez własności emulgujących (spółczynnik emulgacji mniejszy od 0,38).

Szkielet kamienny pośredniej warstwy nawierzchni, tzw. warstwy wiążącej, znajdującej się pod górną warstwą ścieralną, nie zawsze zastawiany jest na zasadzie minimum próżni; zasady tej trzymamy się tylko wtedy, gdy nawierzchnia ma służyć dla bardzo ciężkiego ruchu



kołowego. Uziarnienie warstwy wiążącej jest zwykle grubsze i składa się z mieszaniny grysów 5/16, 16/25 i piasku 0/5 mm, lub z grysów szlachetnych 2/5, 5/16 i piasku 0/2 mm, wbudowanych na zimno.

Nawierzchnie cienkie, grubości około 3 cm, budowane są jako jednowarstwowe z materiału drobnoziarnistego, a więc jako beton drobny; nawierzchnie natomiast 5-centymetrowe jako jednowarstwowe, z grubego betonu albo dwuwarstwowe, składające się z gruboziarnistej warstwy wiążącej i drobnoziarnistej górnej warstwy ścieralnej. Nawierzchnie grubości 6 — 7 cm są z zasady budowane jako 2-warstwowe.

Znane następujące recepty na skład mieszanki betonów bitumicznych:

### 1. Jednowarstwowy sposób budowy.

c. Beton asfaltowy i smołowy b. asfaltowy drobny: 30 — 50% wagowo mieszanki grysów szlachetnych 2/8, lub 2/12 mm; 8 — 15% wagowo wypełniacza drobniejszego od 0,09 mm.

Resztę stanowi piasek, którego pył o uziarnieniu mniejszym od 0,09 mm należy wziąć pod uwagę przy dozowaniu mączki kamiennej. Zawartość lepiszcza w gotowej nawierzchni powinna zawierać się w granicach 6 — 8,5% wagowo.

b. Beton asfaltowy i smołowy beton asfaltowy gruby: 50 — 70% wagowo grysów szlachetnych 2/18 albo 2/25 mm, 5 — 10% wagowo części drobniejszych od 0,09 mm, resztę stanowi piasek. Zawartość lepiszcza bitumicznego powinna mieścić się w granicach 5,5 do 7,5% wagowo.

### 2. Dwuwarstwowy sposób budowy.

a. Warstwa dolna, zwana warstwą wiążącą. Kruszywo o uziarnieniu 5/15 albo 5/25 mm w ilości 70 — 80% wagowo i piasek 0/5 mm w ilości 20 — 30% wagowo. Lepiszczce w gotowej nawierzchni 4,5 — 6,5% wagowo.

b. Warstwa górna, zwana ścieralną, z małą zawartością grysów. 25 — 40% wagowo grysów szlachetnych 2/8 lub 2/12 mm. Wypełniacza (mączki kamiennej) 10 — 15% wagowo. Resztę stanowi piasek. Ilość lepiszcza w gotowej nawierzchni w granicach 6,5 — 9% wagowo.

c. Warstwa górna z dużą zawartością grysów. 40 — 60% wagowo grysów szlachetnych 2/8 lub 2/12 mm, 8 — 15% wagowo wypełniacza, reszta piasek. Lepiszczca 6 — 8% wagowo w gotowej nawierzchni.

Jako lepiszcza do betonów asfaltowych używa się asfaltów o penetracji 65 do 85, w okolicach zaś o klimacie łagodnym 45 do 65°. Jeśli beton asfaltowy stosujemy na podłożu poddającym się mało sztywnym, jako np. zamknięcie nawierzchni smołospoinowej, wówczas dajemy asfalt rzadszy o penetracji około 200°.

Smołowy beton asfaltowy posiada lepiszcze mieszane z 70 — 80% wagowo asfaltu o penetracji 45 lub 65° i 20 — 30% wagowo smoły o wiskozie 80/125 lub 140/240 względnie 250/500.

Ilość mieszanki potrzebna do budowy nawierzchni:

a. dla 1-warstwowej nawierzchni z betonu asfaltowego lub smołowego betonu asfaltowego grubości 3 cm, trzeba około  $70 \text{ kg/m}^2$  mieszanki. Dla takiej samej nawierzchni 5-cm grubości — około  $110 \text{ kg/m}^2$  mieszanki.

b. Dla 2-warstwowej nawierzchni z betonu asfaltowego lub smołowego betonu asfaltowego zużywa się przy 5 cm grubości:

dla warstwy wiążącej około  $60 \text{ kg/m}^2$  mieszanki,

dla warstwy ścieralnej około  $50 \text{ kg/m}^2$ .

Przy 6 — 7 cm grubości:

dla warstwy wiążącej około  $80 \text{ kg/m}^2$

dla warstwy ścieralnej około  $70 \text{ kg/m}^2$ .

Do tego w każdym wypadku dochodzi około 2 — 3  $\text{kg/m}^2$  bitumowanego (ilością 2% wagowo asfaltu) piasku o uziarnieniu 0/2 mm. Bitumowanym piaskiem posypujemy nawierzchnię dla ostatecznego jej zamknięcia i uszczelnienia.

Wykonanie masy bitumicznej: na budowie wszystkie rodzaje kruszywa składowane są osobno, przy czym wypełniacz musi być specjalnie chroniony przed działaniem wilgoci. Dozowanie wszelkich materiałów do nawierzchni powinno odbywać się wagowo za pomocą specjalnie ocechowanych naczyń. Samo wykonanie masy dla wszystkich rodzajów betonów asfaltowych odbywa się na miejscu budowy w specjalnych urządzeniach przewoźnych, pozwalających na wykonanie mieszanki na gorąco. Urządzenia te składają się z obracającego się bębna suszącego, którego zadaniem jest ogrzanie, osuszenie i odpylenie grysu, następnie z podgrzewacza asfaltu i właściwej mieszarki, mieszającej kruszywo z asfaltem.

Bęben suszący jest to zazwyczaj cylinder obracający się dookoła osi poziomej, do którego z jednego końca doprowadza się masę mineralną (bez wypełniacza). W czasie obracania się bębna wypełnionego kruszywem doprowadza się do jego wnętrza gorące gazy, mające podgrzewać i osuszać materiał kamienny. Strumień gorących gazów ma kierunek przeciwny ruchowi bębna, przez co następuje szybsze i lepsze osuszenie.

Dodanie wypełniacza następuje nieco później, ponieważ dość silny strumień gazów wydmuchiwałby i porywał drobne cząsteczki mączki kamiennej.

Lepiszczko ogrzewane jest w osobnym kotle, połączonym rurami z mieszarką. Po ogrzaniu, kruszywo i asfalt doprowadza się od urządzeń ważących, skąd skierowuje się je do mieszarki. Do drobnych materiałów, o uziarnieniu nie przekraczającym 30 mm, używa się mieszarek przeciwwądkowych, grubsze zaś kruszywo miesza się w mieszarkach wolnospadowych, budowanych na zasadzie betoniarek dla betonu cementowego.

Temperatura masy kamiennej, tj. grysu i piasku, powinna wynosić dla betonu asfaltowego 150 — 180°C, dla smołowego betonu asfaltowego 130 — 150°C.

Temperatura asfaltu 170 — 190°C, asfaltu z domieszką smoly 150 — 170°C. Czas mieszania około 1,5 do 2 minut.

Urządzenia do wyrobu masy betonu asfaltowego zakłada się zazwyczaj na osobnym placu, w pewnym oddaleniu od miejsca budowy. Na placu tym znajdują się również wszystkie potrzebne materiały, rozmieszczone w sposób jak najdogodniejszy dla dostarczania ich do maszyn. Należy pamiętać o dobrym dojeździe z placu materiałowego do miejsca budowy nawierzchni.

Gotową masę dowozi się na miejsce przeznaczenia w specjalnych wozach tak konstruowanych, aby strata ciepła mieszanki była jak najmniejsza. Zawsze jednak istnieje niebezpieczeństwo nadmiernego ochłodzenia się masy, przez co może ona stracić swe własności lepiące. Na większych budowach zaczęto w ostatnich czasach stosować maszyny, konstruowane na wzór używanych do budowy nawierzchni betonowych (z betonu cementowego), poruszające się wzdłuż budowanej drogi na specjalnie układanych torach (rys. 122). Maszyny wytwarzają mieszankę na miejscu i, natychmiast po wyjściu z mieszarki, rozdzielają masę po powierzchni drogi na potrzebną szerokość i grubość. Maszyny te montowane są na ruchomych pomostach, przykrywających całą szerokość budowanej nawierzchni. Na jednym pomoście znajduje się bęben suszący z wyciągiem dla podawania materiału kamiennego, motor poruszający bęben, zbiornik odpylacza i wreszcie urządzenie dla elektrycznego oświetlenia budowy w czasie pracy nocnej. Materiał kamienny narzucany jest na wyciąg ręcznie lub wysypywany bezpośrednio z wywrotek.

Na drugim pomoście, poruszającym się również wzdłuż drogi po torze, umieszczona jest mieszarka z wyciągiem dla podgrzanego i wysuszonego kruszywa, podgrzewacz asfaltu i silnik poruszający cały mechanizm.

Z suszarki grys dostarczany jest na sita, które sortują go według średnicy uziarnienia. Poszczególne gatunki spadają z sita do odpowiednio umieszczonych zbiorników, skąd w dalszym ciągu wędrują do urządzeń ważących, a potem do mieszarki.

Waga dla asfaltu, specjalny zegar do obserwacji czasu mieszania, oraz wyłącznik od pompy tłaczącej gorący asfalt, umieszczone są na drugim pomoście.

Wyciągiem jest zwykły podnośnik kubelkowy, którego kubelki zaopatrzone są w dodatkową kieszeń przeznaczoną dla wypełniacza. Pojemność kubelka stanowi porcję. W momencie dostarczania do mieszarki porcji kruszywa, następuje równoczesne wtłoczenie gorącego asfaltu przez odpowiednio urządzoną dyszę, dzięki temu mieszanie jest dokładne i szybkie. Z mieszarki masa zostaje wyrzucona do zbiornika, skąd przekazuje się ją do kubła rozdzielczego, zmontowanego na specjalnym pomoście. Pomost na kołach porusza się po torze biegnącym wzdłuż drogi.

Całość napędzana jest motorem.

Wykonanie nawierzchni. Pierwszą czynnością jest staranne oczyszczenie podłoża, którym może być np. warstwa betonu (cementowego) lub wyrównana do profilu stara nawierzchnia szosowa.

Jeśli na starej szutrówce mamy zamiar położyć 3 cm. warstwę betonu asfaltowego albo smołowego betonu asfaltowego, wówczas wskazane jest opryskanie podłoża gorącą smołą o wiskozie 10/17, 20/35 lub nawet 40/70.

Przed rozkładaniem masy asfaltowej należy podłoże jak najstawniej osuszyć.

W nawierzchniach dwuwarstwowych układa się i wałuje każdą warstwę z osobna. Ostatnio zamiast wałowania stosuje się maszynowe ubijanie nawierzchni przy pomocy tzw. mechanicznej wykańczarki.

Temperatura układanej masy asfaltowej powinna wynosić dla betonu asfaltowego 140—180°C, dla smołowego betonu asfaltowego 130—150°C. Rozkładanie masy odbywa się pomiędzy podłużnie ułożonymi drewnianymi łątami. Ich wysokość jest o  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{3}$  większa od przepisanej grubości nawierzchni, gdyż na tyle mniej więcej sprasowuje się wałowana lub maszynowo ubijana masa asfaltowa. Aby otrzymać nawierzchnię równomiernie ugniecioną na całej przestrzeni, unika się jakiegokolwiek przedwczesnego i przypadkowego sprasowania masy (chodzenie po masie, lub kładzenie na wierzchu ciężkich przedmiotów).

Przy budowie dwuwarstwowej, przed układaniem górnej warstwy ścieralnej, należy powierzchnię warstwy wiążącej dokładnie oczyścić i odkurzyć.

Jak już wyżej nadmieniono masę układa się na dobrze wysuszonym podłożu. To samo odnosi się do układania warstwy ścieralnej, dla której warstwa wiążąca musi być również zachowana w stanie suchym. Z tego powodu, na wypadek deszczu, należy mieć zawczasu przygotowane płachty z brezentowego płótna, celem przykrycia wykonywanej roboty.

Prasowanie ułożonej masy odbywa się przy pomocy średnio ciężkich walców (10 ton), (rys. 123) bądź maszynowo wykańczarkami.

Przed rozścielaniem masy, zarówno dla warstwy wiążącej jak i górnej warstwy ścieralnej powinno się smarować podłoże (lub wierzch w. wiążącej) asfaltem albo smołą, co daje gwarancję dobrego zlepiania się następujących po sobie warstw nawierzchni.

Nadmiar lepiszcza w masie łatwo dostrzec po zachowaniu się nawierzchni pod kołami walca; będzie ona bezustannie plastyczna i trudna do zawałowania. Zbyt chude mieszanki, jak również tłuste lecz o zbyt niskiej temperaturze, będą przyczyną tworzenia się rys już w czasie wałowania. Należy jednak pamiętać, że przyczyna rys może leżeć również w słabym, poddającym się podłożu, w zbyt miękkiej warstwie wiążącej, lub nawet w nadmiernej grubości warstwy ścieralnej nawierzchni.

Należy używać walców zwrotnych, którymi możliwe jest wałowanie we wszystkich kierunkach.

Dopuszczalne pochylenie podłużne dróg zaopatrzonych w tego rodzaju nawierzchnię wynosi:

dla betonów drobnych 4—5%,

dla betonów grubych 5—6%.

## 2. Beton smołowy i asfaltowy beton smołowy

Są to nawierzchnie pokrewne betonom asfaltowym. Przygotowanie masy, sposób układania i budowy jest taki sam. Kruszywo jest również zestawiane na zasadzie minimum próżni. Układanie może być jedno- i dwuwarstwowe; w tym drugim wypadku warstwę wiążącą układa się często na zimno, natomiast warstwę ścieralną zawsze na gorąco.

Nawierzchnie z betonów smołowych są twarde nawet w czasie gorących dni, mimo to są dostatecznie elastyczne, by móc przystosować się do ruchów i zmian podłoża.

Skład mieszanki:

### 1. Dla 1-warstwowego sposobu budowy.

a. beton smołowy i asfaltowy beton smołowy drobny: 20—40% wagowo grysów szlachetnych 2 8 lub 2/12 mm, 8—15% wypełniacza z uwzględnieniem części pyłowych zawartych w piasku, reszta piasek. Zawartość lepiszcza 6—8,5% wagowo (w gotowej nawierzchni).

### b. beton smołowy i asfaltowy beton smołowy gruby:

40—70% wagowo grysów szlachetnych 2/18 mm, 5—10% wagowo wypełniacza, reszta piasek. Zawartość lepiszcza 5,5—7,5% wagowo w gotowej nawierzchni.

### 2. Dla 2-warstwowego sposobu budowy:

a. warstwa wiążąca: skład taki sam jak dla betonów asfaltowych,

b. warstwa ścieralna, uboga w grys:

20—40% wagowo grysów szlachetnych 2 5 lub 2/8 mm, 15—20% wagowo wypełniacza, reszta piasek. Zawartość lepiszcza 6,5—9% wagowo w stosunku do gotowej nawierzchni,

c. warstwa ścieralna bogata w grys:

skład taki jak dla betonów asfaltowych.

Jako lepiszcza do betonu smołowego używa się smół o wiskozie 120/250, do asfaltowego betonu smołowego — mieszanek z 60—85% wagowo smoły o wiskozie 140/240 albo 250/500 i 15—40% asfaltu o penetracji 45°.

Penetracja kruszywa (piasku i grysów), przy lepiszczu z czystej smoły jak i z domieszką asfaltu, powinna wynosić 100—130 °C.

Temperatura czystej smoły 110—130 °C, smoły z domieszką asfaltu 130—150 °C.

Mieszanie masy i wykonanie nawierzchni niczym nie różni się od betonów asfaltowych.

**Asfalt piaskowy.** Asfalt piaskowy różni się od betonów asfaltowych brakiem grysów w składzie mieszanki mineralnej. Podstawą szkieletu mineralnego jest ostry, suchy piasek o uziarnieniu 0 — 3 mm oraz mączka kamienna. Jako lepiszcza używa się asfaltu o penetracji najczęściej około 65°. Temperatura mieszania masy około 100°C, temperatura układania wyższa (140 — 170°C). Wałowanie odbywa się na gorąco.

Dodatek mączki. kamiennej wynosi około 20% wagowo w stosunku do ilości użytego piasku, dodatek asfaltu 8 — 12% wag.

Szkielet mineralny, tzn. piasek i mączka, zestawiane są podobnie do betonów, na zasadzie minimum próżni. Piasek może być kopalny i rzeczny, lecz czysty, bez zawartości zanieczyszczeń pyłowych i organicznych (części roślinne, korzonki itp.); dopuszczalna zawartość pyłów nie powinna przekraczać 3%. Jako wypełniacza najczęściej używa się mączki wapiennej, pochodzącej ze zmielenia wapieni.

Na podłożu betonowym asfalt piaskowy można kłaść bezpośrednio; na podłożu kamiennym (np. wykładka kamienna z 20 — 30 cm warstwą tłucznią) należy najpierw ułożyć warstwę wiążącą (4 — 5 cm grubości) z makadamu asfaltowego lub betonu asfaltowego, co zresztą zalecane jest i przy podłożu betonowym (lepszy rozkład obciążeń na podłożu i łagodzenie uderzeń).

Grubość nawierzchni: 3 — 5 cm, lepiej jednak z uwagi na dobre rezultaty wałowania nie schodzić poniżej 4 cm. Dla lepszego powiązania warstwy ścieralnej (górnej) z warstwą wiążącą wskazane jest tę ostatnią cienko posmarować lub opryskać asfaltem (na gorąco).

Nawierzchnie z asfaltu piaskowego są trwałe i odpowiadają wymaganiom nawet ciężkiego i gęstego ruchu kołowego.

Dopuszczalne pochylenie podłużne drogi wynosi 3%.

**Przygotowanie masy:** Polega na ogrzaniu piasku do temp. 100°C (suszenie), odsianiu części grubszych od 3 mm i zmieszaniu z mączką kamienną, wreszcie na wymieszaniu z asfaltem w mieszarce (na gorąco). Temperatura asfaltu nie powinna przekraczać 180°C, zaś agregatu (mieszanki) mineralnego przed zmieszaniem z asfaltem 150 — 180°C. Otrzymana masa powinna być jednorodna, bez zlepionych grudek i niefoczonych bitumem ziarek piasku.

**Przewożenie masy:** Odbywa się w wozach zapewniających jak najmniejszą stratę ciepła. Mimo to przewożenie powinno zabierać jak najmniej czasu, a dostarczone na budowę porcje należy natychmiast wyrabiać, by nie dopuścić do ostygnięcia masy.

**Układanie nawierzchni:** Temperatura otoczenia, przy której się pracuje, nie powinna schodzić poniżej +5°C. Temperatura układanej masy musi być utrzymana w granicach 140 — 170°C. Praca w czasie niepogody jest w zasadzie niedopuszczalna, w razie jednak zaskoczenia deszczem można dostarczony asfalt ułożyć, bacząc na bardzo staranne i długie wałowanie masy.

Rozkładanie masy (na czystym podłożu) powinno być równomierne, bez rzucania jej na odległość. Narzędzia pracy (łopaty, widły, grabie) ogrzewa się, aby odebrać im własności lepiące.

W pobliżu wszelkich wpustów, włazów, krat ściekowych itp. układa się nawierzchnię o 5 milimetrów wyżej od poziomu tych urządzeń, ubijając (wobec niemożliwości dokładnego zawałowania) ręcznymi ubijakami (również ogrzanymi) (rys. 124).

Bezpośrednio po rozścieleniu masy następuje wałowanie średnio ciężkim walcem (10 — 12 ton) do momentu, w którym asfalt przestanie się poddawać działaniu kół.

Gotową nawierzchnię posypuje się mączką wapienną lub cementową.

Koszty budowy: Grupa robocza, składająca się z przodownika, 1 — 2 maszynistów od walców, 1 — 2 pomocników maszynistów, 5 robotników wykwalifikowanych oraz 10 — 14 robotników zwykłych, może w ciągu 8-godzinnego dnia pracy wykonać około 600 m<sup>2</sup> nawierzchni z asfaltu piaskowego. Dienne zużycie materiałów przy tej wydajności wyniesie około 60 ton.

Asfalt lany. Łatwość układania i naprawy, trwałość i duża odporność na działanie wilgoci uczyniły tę nawierzchnię bardzo popularną, szczególnie w Polsce. Zalety te pozwalają na użycie asfaltu lanego do nawierzchni o ciężkim ruchu.

Szkielet mineralny zestawiany jest na zasadzie minimum próżni; od asfaltu piaskowego różni się zawartością grysiku lub żwiru, oprócz piasku i wypełniacza, oraz pewnym nadmiarem lepiszcza asfaltowego. Nadmiar lepiszcza czyni masę bardziej miękką, co pozwala układać ją bez użycia walców lub innych urządzeń prasujących.

Zależnie od tego czy w składzie masy znajduje się grysik, czy żwir, rozróżniamy asfalt lany nawierzchniowy i asfalt lany żwirowy.

W Polsce Drogowy Instytut Badawczy opracował Projekt Norm, zawierający między innymi szczegóły odnoszące się do sposobu wykonania i budowy tego typu nawierzchni.

## 1. Asfalt lany nawierzchniowy

Jest to masa, składająca się z grysiku, miálu kamiennego, piasku wypełniacza i asfaltu, układana na gorąco. Szkielet mineralny dobierany jest na betonowej zasadzie minimum próżni.

Uziarnienie piasku 0,2 mm, grysiku 2/8 lub 2 10 mm. Jako lepiszcze może być użyty jeden gatunek asfaltu lub kilka ze sobą zmieszanych z nieobowiązkową domieszką asfaltu Trynidad. Penetracja asfaltu (w 25° C) powinna mieścić się w granicach 20 — 60°.

Skład mieszanki mineralnej posiada w przybliżeniu następujące proporcje:

grysiku	24 — 45%
piasku	15 — 25%
wypełniacza	30 — 45%

Charakterystyczną jest duża ilość wypełniacza w składzie mieszanki.

Ilość wolnych przestrzeni w agregacie mineralnym nie powinna przekraczać 22<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Dla obliczenia tych przestrzeni służy wzór:

$$p = \frac{C_v - C_0}{C_v} \cdot 100 \text{ w } \text{o}/\text{o}$$

$c_0$  = ciężar objętościowy mieszanki mineralnej,

$c_v$  = ciężar właściwy.

Skład masy asfaltu lanego nawierzchniowego powinien zawierać asfaltu 8 — 12<sup>o</sup>/<sub>o</sub> wagowo w stosunku do gotowej masy, 88 — 92<sup>o</sup>/<sub>o</sub> materiałów kamiennych łącznie z wypełniaczem.

Przygotowanie masy odbywa się w specjalnych kotłach w następującej kolejności: przy stałym mieszaniu asfaltu podgrzanego do temperatury 150 — 180<sup>o</sup> C dodajemy mączkę wapienną nie od razu całą potrzebną ilością, lecz porcjami. Po dobrym zmieszaniu wypełniacza z asfaltem dodaje się dobrze wysuszoną i podgrzaną do 200<sup>o</sup> C mieszaninę grysiku z piaskiem. Tak przygotowaną masę możliwie najszybciej przewozi się na miejsce budowy w przewoźnych kotłach zaopatrzonych w urządzenia grzejące, by nie dopuścić do nadmiernego stygnięcia asfaltu.

Zaletą masy jest możność układania nawierzchni nawet przy złej pogodzie i w temperaturze kilku stopni poniżej 0<sup>o</sup>. Temperatura układanej masy powinna wynosić 120 — 200<sup>o</sup> C.

Niezależnie od rodzaju podłoża (betonowe, kamienne) asfalt lany nawierzchniowy kładzie się na pośredniej warstwie wiążącej, którą zazwyczaj bywa asfalt lany zwirowy. Grubość warstwy asfaltu nawierzchniowego wynosi 2 — 3 cm.

Asfalt dowieziony na miejsce przeznaczenia, roznoszony jest w kubelkach przez robotników, którzy wyrzucają masę w miejsce wskazane przez asfalciarza, zatrudnionego ostatecznym rozprawdaniem i układaniem asfaltu.

Masa wyrzucona z kubelka zachowuje formę bochenka, który następnie zostaje rozniatany ręcznie za pomocą podłużnego drewnianego ugniataka (rys. 125) do żądanej grubości nawierzchni. Należy pamiętać aby powierzchnia, na której rozkłada się masę, była dobrze oczyszczona i odkurzona, brzegi zaś wszystkich urządzeń technicznych na drodze (włazy, ścieki itp.) wysmarowane uprzednio gorącym asfaltem.

## 2. Asfalt lany zwirowy

Asfalt lany zwirowy różni się od nawierzchniowego tym, że w składzie mineralnym posiada zamiast grysiku żwir. Używany bywa przeważnie jako warstwa wiążąca dla asfaltu lanego nawierzchniowego. Jako samoistną nawierzchnię można go stosować tylko w miejscach, w których działanie ruchu kołowego występuje w mniejszym stopniu (podwórza, dróżki, chodniki itp.).



Uziarnienie piasku 0/2 mm, mialu kamiennego i żwirku (z ewentualnym dodatkiem grysiku) do 18 mm, przy czym wielkość ziaren żwirku nie powinna przekraczać  $\frac{2}{3}$  grubości układanej warstwy asfaltu. Asfalt taki sam jak przy nawierzchniowym lanym.

Skład mieszanki mineralnej:

żwirku i grysiku	30	—	50%	wagowo
piasku	15	—	35%	„
wypełniacza	20	—	35%	„

Zawartość próżni, ustalana wzorem podanym dla asfaltu nawierzchniowego, nie powinna przekraczać 22%. Zawartość bitumu 7 — 12% wagowo. Przygotowanie, przewożenie i układanie masy odbywa się tak samo jak w asfalcie lanym nawierzchniowym.

**Mastyks-makadam.** Jest to typ nawierzchni asfaltowej, w której szkielet kamienny stanowi tłuczeń kamienny zlepiony specjalną mieszaniną asfaltową, zwaną mastyksem asfaltowym. Mieszanina ta produkowana jest w fabrykach i dowożona na miejsce budowy w stanie twardym, w baryłkach z drewnianych klepek lub w bębnach z cienkiej blachy. Sposób budowy podobny jest do asfaltowania wgłębnego, różnica leży w charakterze lepiszcza. Wytrzymałość tej nawierzchni pozwala stosować ją dla ruchu średniego. Zaletą jest dość duża jej szorstkość.

Za podłoże może służyć stara nawierzchnia szosowa, wyrównana, pogrubiona i wyprofilowana, albo podkład kamienny z zaklinowanej wykładki, lub wreszcie nawet bruk z kamienia łamanego i polnego.

Sposób wykonania obejmuje następujące czynności:

- wyprofilowanie i oczyszczenie podłoża (jak przy budowie makadamów);
- rozsypanie 6 — 8 cm warstwy tłucznia (pożądany jest tłuczeń o możliwie jednakowych ziarnach) o ziarnach 25 — 50 mm;
- lekkie wałowanie walcem tandemowym wagi 6 — 8 ton. Nie chodzi o całkowite zawałowanie, lecz tylko o lepsze ułożenie się i wzajemne dopasowanie poszczególnych ziaren tłucznia;
- rozlewanie gorącego (150 — 160° C) mastyksu asfaltowego po powierzchni tłucznia tak długo, aby wszystkie szczeliny były wypełnione masą zalewową;
- posypanie grysem 15 — 25 mm (tylko tyle ile trzeba na zaklinowanie tłucznia); czynność ta powinna nastąpić natychmiast po rozlaniu mastyksu;
- ponowne wałowanie tym samym tandemowym walcem do momentu wklonowania się grysu i zastygnięcia nawierzchni.

W przewidywaniu cięższego ruchu kołowego można układać 2-warstwowy mastyks-makadam. W tym wypadku opisana wyżej nawierzchnia będzie stanowiła warstwę dolną. Warstwę górną układa się bezpośrednio po zawałowaniu dolnej, zmiatając uprzednio luźne zia-

renka grysu. Po zmieceniu następuje rozlew gorącego mastyksu (160 — 180° C), natychmiastowe rozsypanie grysiku bazaltowego lub granitowego 5/15 mm i ostateczne zawałowanie nawierzchni.

Budując nawierzchnię 2-warstwową, możemy do warstwy dolnej użyć kamienia nieco słabszego np. dolomitu, marmuru, porfiru itp.

Dostarczony z fabryki skawalony mastyks rąbie się na budowie na kawałki i w tym stanie stapia w zwykłych podgrzewaczach (kotłach w temp. 160 — 180° C). Płynny mastyks rozlewa się z żelaznych nitowanych kubelków. Rozlaną masę rozgarnia się natychmiast szczotkami lub drewnianymi zgarniaczkami.

Wydajność pracy: grupa robocza, składająca się z przodownika, mechanika od walca, 6 robotników do czyszczenia podłoża szczotkami stalowymi i z piassawy, 12 robotników do rozsypywania tłucznia, rozlewania mastyksu, grysowania, 4 robotników do rąbania mastyksu, ładowania i grzania kotłów może wykonać w ciągu 8 godzin, przy użyciu kotłów o łącznej pojemności 4 ton, około 400 m<sup>2</sup> 2-warstwowej nawierzchni m-makadamowej.

Na 1 m<sup>2</sup> nawierzchni 1-warstwowej trzeba:

tłucznia 25/50 mm	około 100 — 120 kg
grysu 15/25	„ 8 kg
mastyksu asfaltowego	„ 24 kg

Na 1 m<sup>2</sup> nawierzchni 2-warstwowej (5 cm po uwałowaniu) trzeba:

tłucznia 25/50 mm	około 100 — 120 kg
grysu 15/25	„ 7 kg
grysu 5/15	„ 15 kg
mastyksu asfaltowego	„ 30 kg

Grysy bitumowane. Jest to masa z materiału kamiennego otoczonego bitumem na gorąco, układana w nawierzchni na zimno. Ten typ nawierzchni ma zastosowanie zarówno dla ruchu średniego jak i ciężkiego. Średni typ nawierzchni nosi nazwę dywanika lub nawierzchni dywanikowej.

Zależnie od rodzaju lepiszcza należy rozróżniać grysy smołowane i asfaltowane.

Zależnie od rodzaju uziarnienia projekt norm Drogowego Instytutu Badawczego dzieli grysy bitumowane na:

drobne	(masa nr 1)	o ziarnach 0 — 3/5 mm
średnie	(masa nr 2)	3/5 — 5/16 mm
grube	(masa nr 3)	15/16 — 25/30 mm
tłuczeń bitumowany	nr 4	25/30 — 40/60 mm

Masa nr 1 ma szczególnie ważne znaczenie, gdyż jako warstwa ścieralna i stanowiąca zamknięcie gotowej nawierzchni, musi odpowiadać warunkom dużej wytrzymałości, zwartości i odporności na niszczące wpływy ruchu.

Do otaczania grysów smołowanych używane są smoły drogowe, przy czym do masy nr 2, 3 i 4 stosuje się smołę o wiskozie 60 — 100 (odpowiadało to w Polsce smole SII) w 30° C, do masy nr 1 smołę stabilizowaną o takiej samej wiskozie, zawierającą około 20% asfaltu.

Wiskoza asfaltów upłynnionych, używanych do grysów asfaltowanych, powinna wynosić więcej niż 80 sek w temp. 30° C.

Skład masy. Według projektu norm skład poszczególnych mas jest następujący:

Skład masy wagowo	Grys smołow, smoła stabiliz.	Grysy asfaltowe	
		asfalt upłynniony	asfalt typu borysławskiego
zawartość bitumu			
masa nr 1	5,5 — 9%	5 — 11%	7 — 11%
masa nr 2	1,5 — 3,5%	1,5 — 3%	2,5 — 5%
masa nr 3	1 — 2,5%	1 — 2%	1,5 — 3,5%
masa nr 4	1 — 2%	0,8 — 2%	1 — 3%
zawart. agregatu mineralnego			
masa nr 1	94,5 — 91%	95 — 89%	93 — 89%

Przewożenie masy: Otaczanie grysów odbywa się w specjalnych mieszarkach, do których agregat mineralny dodawany jest w stanie suchym i podgrzanym do temp. 80 — 110° C przy użyciu smoły oraz do 80 — 130° C przy użyciu asfaltu.

Temperatura smoły dozowanej do mieszarki nie może przekraczać 110° C, asfaltu 150° C.

Przy produkcji masy nr 1 do grysów znajdujących się w mieszarce dodaje się wypełniacz przed wprowadzeniem bitumu.

Grysy otaczane są bardzo wygodne w transporcie, gdyż bezpośrednio po wyjściu z mieszarki można je przewozić bez obawy skwalenia się masy.

Grysy asfaltowane muszą być najpierw ochłodzone do 80° C (przez przerzucanie), po czym można je ładować na wozy lub wagony.

Przechowywanie grysów smołowanych w składach nie powinno trwać dłużej niż 6 — 8 tygodni, asfaltowanych — 6 miesięcy.

Grysy powinny być magazynowane w stosach.

Układanie nawierzchni: Na dobrze oczyszczonym podłożu, którym może być nawierzchnia tłuczniowa, rozpryskujemy smołę o wi-

skozie 20/60 (w 30° C), względnie asfalt o penetracji 85/100 — zależnie od rodzaju grysów — w ilości 0,5 — 0,8 kg/m<sup>2</sup> smoły lub 0,6—0,9 kg/m<sup>2</sup> asfaltu.

Następnie rozścielamy masę nr 3 lub nr 2, stosownie do 3- lub 2-warstwowego dywanika, poczem wałujemy 6-tonowym walcem. Dywaniki 3-warstwowe mają zastosowanie przeważnie tylko do grysów smołowych.

Po zawałowaniu jednej masy nakładamy następną, a więc nr 2 lub 1, ponownie wałując. Ostatnią górną warstwę (z masy nr 1) wałujemy cięższym walcem (6 — 10 ton).

W wypadku dywanika smołowego gotową nawierzchnię smołuje się jeszcze powierzchniowo dodatkową ilością smoły 0,5 — 0,8 kg/m<sup>2</sup> i zasypuje cienko grubym piaskiem. Ukończony dywanik asfaltowy posypuje się tylko mączką wapienną dla uszczelnienia najdrobniejszych nawet porów nawierzchni.

Dywanik grubości 4,5 — 5 cm wymaga:

w dwuwarstwowym systemie budowy:	masy nr 1 . . .	50 kg/m <sup>2</sup>
	masy nr 2 . . .	60 kg/m <sup>2</sup>
w trzywarstwowym systemie budowy:	masy nr 1 . . .	40 kg/m <sup>2</sup>
	masy nr 2 . . .	30 kg/m <sup>2</sup>
	masy nr 3 . . .	40 kg/m <sup>2</sup>

Prace powinny być wykonywane w dni pogodne, bezdeszczowe, w cieplej porze letniej od maja do połowy września. Wczesne zakończenie robót nawierzchniowych ma na celu umożliwić zajeżdzenie się dywanika pod ruchem kołowym (komprymacja).

Grysy zmoczone nagłym deszczem należy przed użyciem wysuszyć.

Dozór i wykonywanie prób materiałów na placu budowy dla wszystkich rodzajów nawierzchni bitumicznych. Przed rozpoczęciem układania nawierzchni bitumicznej należy przeprowadzić ścisłą kontrolę stanu podłoża, stwierdzając w pierwszym rzędzie jego sztywność, równość, właściwy profil, odporność na działanie mrozu i ogólne prawidłowe wykonanie.

## 1. Badanie materiałów na placu budowy

Badania dostarczonych na plac budowy materiałów przeprowa dza się w odniesieniu do:

### a. kruszywa:

1. na czystość materiałów, stwierdzając na oko stan piasku, grysów i tłuczni; zanieczyszczenia gliną sprawdzamy, wsypując do szklanego naczynia próbkę piasku; zmieszana i zamącona woda, pozostawiona przez pewien czas w spokoju, powinna osadzić wszystkie zawiesiny, nie wykazując żadnego trwałego zamącenia;

2. na jakość uziarnienia materiału kamiennego: przesiew przez znormalizowane sита powinien wykazać zgodność średnicy uziarnienia

dostarczonych sort grysów, piasku lub tłucznia; kształt ziaren ma być kubiczny, zanieczyszczenia niedopuszczalne;

specjalne kontrolowanie jakości wypełniacza jest na ogół niepotrzebne, ponieważ kontroli dokonuje fabryka, która produkuje go na podstawie przepisanych norm. Przesiew przez sита wskazany jest w wypadkach wyjątkowych, w zasadzie wystarczą pobieżne oględziny, roztarcie w palcach dla przekonania się o mialkości mączki i stwierdzenie węchem braku zapachu gliny;

b. w odniesieniu do lepiszcza wystarczy sprawdzić zgodność dostawy z zamówieniem; jeśli są dostrzegalne jakieś zewnętrzne objawy, wzbudzające wątpliwość co do wartości lepiszcza (jak np. matowy połysk, zanieczyszczenia), wówczas próbkę materiału należy przesłać do odpowiedniego instytutu badawczego (w Polsce Drogowy Instytut Badawczy w Warszawie).

Z innych prostych prób przeprowadzanych na budowie wymienić należy badanie zewnętrznego wyglądu kawałka tłucznia otoczonego bitumem. Powinien on wyglądać połyskliwe i czyste.

Dla oceny wartości nawierzchni duże znaczenie ma próba na zdolności klejące bitumu, szczególnie gdy chodzi o grysy otaczane wbudowywane na zimno. Dwa kawałki tłucznia powleczone bitumem i przyciśnięte do siebie powinny się skleić, lekko oderwane nie powinny odślaniać kamienia. Jeśli wygląd bitumowanego tłucznia jest zbyt matowy, a bitum zbyt suchy, powstają wątpliwości, że lepiszcze mogło być przegrzane. Użycie takiego materiału nie jest wskazane.

Dobrą przyczepność bitumu do kamienia sprawdza się, wkładając kawałek otoczonego tłucznia na 24 godziny do wody. Po tym czasie nie powinny zajść żadne zmiany w wyglądzie bitumu.

## 2. Nadzór nad mieszarkami

Dozorowanie pracy mieszarek rozciąga się na:

a. stałe sprawdzanie temperatur przepisanych dla mieszanki i poszczególnych jej składników. Powinny one wynosić dla:

asfaltów . . . . .	170 — 190°C,
asfaltów z domieszką smoły . . . . .	150 — 170°C,
smół z domieszką asfaltów . . . . .	130 — 150°C,
smół czystych i z małą domieszką asfaltu, nie przekraczająca 15% . . . . .	110 — 130°C.

Temperatury agregatów mineralnych dla:

betonu asfaltowego . . . . .	150 — 180°C,
smołowego betonu asfaltowego . . . . .	130 — 150°C,
smołowego betonu i asfaltowego . . . . .	
betonu smołowego . . . . .	100 — 130°C.

Temperatura agregatu mineralnego gdy wprowadzamy do mieszarki chłodny wypełniacz może być przekroczona najwyżej o 20°C.

Temperatury gotowych mieszanek w momencie układania na drodze:	
beton asfaltowy . . . . .	140 — 180° C
smołowy beton asfaltowy . . . . .	130 — 150° C
asfaltowy beton smołowy . . . . .	130 — 150° C
beton smołowy . . . . .	90 — 130° C

b. codzienne kontrolowanie urządzeń ważących, czasomierzów, termometrów itp.,

c. kontrolowanie składu kruszywa dostarczanego do mieszarki.

### 3. Nadzór na budowie

a. Stałe kontrolowanie temperatury wbudowywanej masy. Do tego celu służą specjalne termometry z grubego szkła w metalowej oprawie. Wysokości temperatur nie mogą przekraczać granic podanych w p. 2,a. Dolne granice temperatur mogą być przekroczone najwyżej o 10 — 20° C.

b. Sprawdzanie na oko masy dostarczanej do rozścielania, polegające na ocenie wartości mieszanki pod względem jakości mieszania, zawartości bitumu (mieszanki za tłuste, lub za chude), wydzielania błękitnych dymów (dowód zbyt wysokiej temperatury) i przegrzania masy.

c. Pobieranie próbek z całkowicie ukończonej nawierzchni. Należy pobierać przynajmniej jedną próbkę z każdego ułożonego kilometra nawierzchni. Wymiar próbki 30 x 30 cm na głębokość warstwy nawierzchni. Próbkę wycinać ostrożnie, by nie uszkodzić otaczającej ją nawierzchni. Miejsce pobrania próbki wyznacza zazwyczaj kierownik robót, rysując na nawierzchni kredą jej zarys o wymiarach 60 x 60 cm. Wycięcie próbki może być wykonane toporkiem lub siekierą pobijaną młotem, albo pneumatycznym dłutem. Próbka nie powinna wykazywać żadnych pęknięć lub uszkodzeń. Starannie opakowaną (drewniana skrzynka) próbkę przesyła się następnie do badania odpowiedniemu instytutowi badawczemu (w Polsce Drogowy Instytut Badawczy).

d. Sprawdzenie przekroju poprzecznego nawierzchni oraz jej równości z pomocą 4-metrowej łąty i poziomnicy.

Własności nawierzchni jak: szorstkość, jednolitość, stopień zanieczyszczenia, niedokładności wykonania, uszkodzenia, pęknięcia itp. ocenia się na oko.

Błędy wykonania nawierzchni bitumicznych. Nieprawidłowe wykonanie nawierzchni może być wywołane nie tylko bezpośrednim przygotowaniem i ułożeniem masy nawierzchniowej. Z najważniejszych i najczęściej spotykanych należy wymienić:

1. Źle wykonane podłoże lub podtorze. Jeśli nie będzie ono dostatecznie sztywne i nośne wskutek nierównomiernego poddawania się lub osiadania, powstaną w nim nierówności i zagłębienia; w tym wypadku grubość układanej nawierzchni będzie niejednakowa, sprasowanie masy nierównomierne i w krótkim czasie na powierzchni jezdni

ukazą się zagłębienia i wypukłości. Szybki i ciężki ruch kołowy, jeszcze bardziej powiększając te nierówności, pociągnie za sobą nieuchronne zniszczenie nawierzchni.

Wskutek działania mrozów źle odwodnione podtorze może również wywoływać zniekształcenia i w następstwie psucie się nawierzchni.

Zbyt gładka lub zanieczyszczona pyłem powierzchnia podłoża zmniejsza przyczepność masy nawierzchniowej do podłoża. Podczas wałowania nastąpi przesuwanie się masy pod kołami walca i w rezultacie w takich miejscach otrzyma się odstawanie nawierzchni od podłoża i szybsze psucie się jezdni.

2. Nieprawidłowy skład mieszanki nawierzchniowej. Nadmiar bitumu lub zbyt miękki jego gatunek wywoła w nawierzchni tworzenie się fal.

Nadmiar okrągłych ziarn kruszywa (w miejsce kubicznych) lub nadmiar drobnego uziarnienia wywoła wewnętrzny ruch w szkielecie kamiennym masy, co w skutkach pociąga za sobą powstawanie pęknięć i drobnych rys.

Przy zbyt wysokiej temperaturze bitumu lub agregatu mineralnego nastąpi rozpadanie się nawierzchni wskutek utraty własności wiążących przez lepszcze.

3. Nieprawidłowe wbudowanie mieszanki. Mieszanka rozścielona nierównomiernie i niejednakową grubością będzie nierównomiernie sprasowana co wywoła nierówności nawierzchni.

Nawierzchnia będzie porowata, jeśli użyje się zbyt zimnej mieszanki lub za lekkiego walca. To samo nastąpi gdy rozłożona warstwa mieszanki będzie za gruba. Nieumiejętne wałowanie i użycie niewłaściwego walca z kołami o małej średnicy wywoła pofalowanie nawierzchni.

4. Niechlujna praca, zanieczyszczenia mieszanki lub wałowanej nawierzchni ciałami obcymi (liście, kawałki drzewa, pestki od śliwek, kawałki papieru, odpadki od jedzenia itp.) stworzą miejsca, w których psucie się nawierzchni rozpocznie się najpierw. Zła organizacja pracy i nieumiejętne rozłożenie robót może być również przyczyną złego wykonania nawierzchni. Np. jeśli przy kładzeniu dwuwarstwowej nawierzchni pozostawi się dolną warstwę nieprzykrytą, wówczas przez noc mogą w niej zajść zmiany, które uniemożliwią dobrą zczepność z później układaną warstwą górną.

## Utrzymanie nawierzchni bitumicznych

a. Nawierzchnie bitumowane powierzchniowo. Odszczepienie się górnej warstwy powierzchniowo lub wgłębnie bitumowanej nawierzchni w czasie jej wykonania ma często przyczynę w niestarannym oczyszczeniu podłoża. Zbyt mało poświęca się uwagi na dokładne usunięcie drobnego pyłu, pokrywającego podłoże oraz na dostateczne odsłonięcie górnych ziaren tłuczni, które ma na celu

zwiększenie szorstkości powierzchni podłoża i ułatwienie zczepienia się z nim górnej warstwy nawierzchni. Zdarza się również, że gorąca smoła jest rozlewana na wilgotny lub zgoła mokry kamień, albo też że użyto za gęstego bitumu, który w zetknięciu z zimnym kamieniem ścina się, powlekając się cienką błonką pozbawioną własności lepiących.

W miejscach zdradzających objawy odszczepiania się nawierzchni należy usunąć wszystkie rozluźnione części materiału kamiennego, zastąpić nowymi i ponownie zalać bitumem.

Wszelkie sfalowania i wypukłości nawierzchni, powstałe podczas wałowania, usuwa się skrobaczką, ogrzawszy najpierw naprawiane miejsce specjalnym podgrzewaczem drogowym (płomieniowy podgrzewacz zmontowany na wózku).

Zdarza się niejednokrotnie, że tworzenie się fal następuje po późniejszym bitumowaniu, wykonanym po nadmiernym zużyciu pierwszej powłoki nawierzchniowej. Przyczyny tego zjawiska można się doszukiwać w tym, że stara nawierzchnia, pod wpływem nierównomiernego ugniatania ruchem, posiada miejsca niejednakowo silnie sprasowane. Silniej sprasowany materiał nawierzchniowy, zwłaszcza przy niedostatecznej zczepności z podłożem, odszczepia się od niego i tworzy wzdęcia. Niebezpieczeństwo to zwiększa się w miarę wzrostu grubości nawierzchni, toteż przystępując do prac naprawczych pogrubiających, powinniśmy się starać o bardziej oszczędne dozowanie smoły lub asfaltu (nie przekraczając dolnej dopuszczalnej granicy) oraz baczyć na równomierną grubość kładzionej warstwy.

Uszkodzenia nawierzchni mogą powstawać z przyczyny słabego i wadliwie położonego podłoża. Rysy, pęknięcia, zapadliny i wzdęcia są bardzo częstym zjawiskiem, o ile podłoże jest zawilgocone, lub zawiera w kruszywie tłuczniowym nadmiar zanieczyszczeń gliniastych. O ile po opadach atmosferycznych zaobserwuje się w nawierzchni miejsca pozostające przez dłuższy czas w stanie wilgotnym (ciemne plamy), należy je posmarować smołą upłynnioną podgrzaną do 40 — 50° C i posypać grysikiem. Nie trzeba w przesadnej gorliwości dawać nadmiaru tych materiałów; przeciwnie specjalnie pożądane jest cienne posmarowanie i delikatne posypanie drobnym grysikiem.

Podczas lata oraz napraw, przeprowadzanych w szerszym zakresie, wskazane jest użycie smół płynnych na gorąco. Wszystkie naprawiane miejsca muszą być zawczasu przygotowane, a mianowicie oczyszczone i dobrze osuszone. Wyboje należy rozkuć na całej zepsutej przestrzeni, nadając ściankom wyciętych otworów położenie pionowe, następnie posmarować smołą lub asfaltem, po czym wypełnić bitumowanym grysem, układając go, zależnie od grubości nawierzchni jedną lub kilkoma warstwami. Ułożony z pewnym nadmiarem grys ubija się do równości z nawierzchnią ręcznymi ubijkami.

Naprawę generalną, tj. całkowite odświeżenie nawierzchni przez położenie nowej warstwy, przeprowadza się wtedy, gdy uszkodzenia wynoszą około 50% powierzchni jezdni.



b. Nawierzchnie bitumiczne Podczas zajeżdżania (kompresowania) nawierzchni bitumicznych ruchem kołowym wskazane jest zachowanie czystości nawierzchni i usuwanie z jezdni przede wszystkim liści, nawozu zwierzęcego i błota.

Wszelkie dostrzeżone nierówności należy natychmiast usunąć, posługując się taką samą mieszanką z jakiej była wykonana nawierzchnia.

W nawierzchni typu makadamowego, przykrytej ochronnym pokrowcem, nie wolno dopuścić do przenikania wody w głąb nawierzchni. W tym celu musimy stale utrzymywać pokrowiec w dobrym stanie, łątając zepsute i naruszone miejsca; szczególnie przed nadejściem zimy wskazane jest przeprowadzenie dokładnego przeglądu nawierzchni i dokonanie potrzebnych napraw. Sposób naprawiania nawierzchni typu makadamowego niczym nie różni się od podanego w p.a).

Uszkodzenia i psucie się nawierzchni typu betonowego jest zjawiskiem rzadszym niż w typach poprzednio omawianych. Nawierzchnie te są bardziej wytrzymałe i odporne na niszczące działania ruchu i wpływów atmosferycznych.

Pierwszymi objawami psucia się nawierzchni są pęknięcia i rysy; radzimy sobie z nimi przez zwykłe posmarowanie asfaltem lub smołą.

Przy uszkodzeniach większych (wyboje) usuwamy zniszczony materiał nawierzchniowy, zastępując go świeżym, lecz o takim samym składzie masy, z jakiego był pierwotnie wykonany.

Oczywiście, oprócz opieki bezpośredniej nad samą nawierzchnią, konieczne jest utrzymywanie w dobrym stanie wszystkich urządzeń pomocniczych w jakie zaopatrzona jest droga, a więc przepustów, mostów, ścieków, rowów, poboczy itp.

Koszty utrzymania nawierzchni bitumicznych. Koszty te zależą od rodzaju i wielkości natężenia ruchu kołowego oraz od znaczenia jakie przypisujemy drodze. Wobec braku danych dla stosunków polskich przytacza się niektóre cyfry, odpowiadające warunkom zagranicznym.

Koszt utrzymania nawierzchni z betonu asfaltowego grubości 7 cm, kładzonego 2-warstwowo na 20 cm podłożu z chudego betonu cementowego, wynosił w Austrii przed rokiem 1940: 12 do 15 groszy austriackich na każdy m<sup>2</sup> nawierzchni; przy 5 cm grubości nawierzchni 15 — 19 groszy.

Według amerykańskich danych dla dróg o przeciętnym ruchu 500 pojazdów na dobę, koszt utrzymania nawierzchni przy założeniu, że koszt nawierzchni tłuczniowej równa się 1, wynosił dla:

makadamu bitumowanego na podł. betonowym	$\frac{1}{3}$
nawierzchni z betonu cementowego	$\frac{1}{10}$

Przy gęstości ruchu 1000 pojazdów na dobę dla:

makadamu bitumowanego na podł. betonowym	$\frac{1}{7}$
nawierzchni z betonu cementowego	$\frac{1}{12}$

## g. Nawierzchnie betonowe

Wiadomości ogólne. Nawierzchnie betonowe znane były w Europie już w ubiegłym stuleciu. Mimo iż cement nie posiadał dzisiejszego stopnia doskonałości, niektóre z tych nawierzchni przetrwały do dziś. W Krakowie w zupełnie dobrym stanie znajdują się betonówki budowane przed pierwszą wojną światową.

Nawierzchnie betonowe, dzięki tym zaletom, zyskują ostatnio coraz bardziej na popularności.

Gładkie, równe, bezpyłne, ciche i łatwe do utrzymania w czystości, nie wymagają dużych spadków poprzecznych, a dzięki swej szorstkości, nawet przy wilgotnej lub deszczowej pogodzie pozwalają pojazdowi na rozwijanie dużych prędkości i dopuszczają do stosowania większych spadków podłużnych.

Dzięki swemu jasnemu zabarwieniu są doskonale widoczne i łatwe do oświetlenia w nocy. Dla kierowcy samochodowego są ideałem nawierzchni.

Stosunkowo tanie w budowie, pozwalają na korzystanie wyłącznie z materiałów krajowych (cement, kamień, piasek). Postęp techniki, udoskonalenie cementu oraz sposobów budowy przyspieszyły w wielu krajach tempo rozbudowy tych nawierzchni.

Polskie „Wytyczne do budowy dróg betonowych“, wydane w 1935 r. i uzupełnione w 1936 (w całości przytoczone na końcu niniejszego rozdziału) podają, że grubość nawierzchni układanych na istniejących drogach o mocnym podłożu nie może być mniejsza:

dla nawierzchni jednowarstwowych od 12 cm  
dla nawierzchni dwuwarstwowych od 15 cm.

Nawierzchnie układane bez podłoża — nie mniej niż 20 cm.

W wątpliwych wypadkach dla obliczenia grubości płyty można posługiwać się amerykańskim wzorem:

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot P}{0,5 \cdot \delta_b}}$$

gdzie:  $h$  = grubość płyty w centymetrach

$P$  = nacisk koła w kilogramach

$\delta_b$  = wytrzymałość betonu na zginanie w  $\text{kg/cm}^2$

$$\text{np. } h = \sqrt{\frac{3 \cdot 3000}{0,5 \cdot 45}} = 20 \text{ cm.}$$

Najczęściej stosowane grubości wynoszą (według Polskiego Kalendarza Drogowego na rok 1939/40):

na starej wytrzymałej tłuczniowce	15 — 17 cm
na gruncie o dobrej nośności przy średnim ruchu	18 cm
na gruncie o dobrej nośności przy ciężkim ruchu	20 — 22 cm
na gruncie słabym	25 cm.

Pochylenie podłużne dróg o nawierzchni betonowej nie może być mniejsze od 0,5%. Największe pochylenie nie powinno przekraczać 8%.

Spadki poprzeczne — na autostradach jednostronne, na innych drogach dwustronne (daszkowe) — mogą się zawierać w granicach 1 — 2,5%. W miarę wzrostu pochylenia podłużnego zmniejszamy spadek poprzeczny; silne zanieczyszczanie nawierzchni z przyczyny ruchu kołowego wymaga zmiękczenia spadków.

W sposobie wykonania rozróżniamy dwa rodzaje nawierzchni: jednowarstwową i dwuwarstwową. Ta ostatnia składa się z warstwy dolnej i górnej betonu.

Warstwa dolna, grubości 10 — 18 cm, wykonana jest z kruszywa o uziarnieniu 0 do 30 mm a nawet do 50 mm, warstwa górna, grubości 5 — 7 cm, z kruszywa drobniejszego, bardziej twardego i odpornego na ścieranie, o ziarnach od 0 do 30 mm. Zawartość cementu warstwy ścieralnej jest znacznie większa.

Jednowarstwowy beton ma skład kruszywa jednakowy na całej grubości nawierzchni.

Niezależnie od sposobu wykonania, beton układa się warstwami osobno ubijanymi. Grubość warstwy nie może przekraczać 15 cm.

W pewnych wypadkach konieczne jest wzmocnienie betonu wkładkami stalowymi. Czysty beton ma stosunkowo niewielką wytrzymałość na zginanie, toteż wszędzie tam, gdzie wskutek osiadania nasypu wykonanego z niejednorodnego materiału ziemnego lub wskutek wstrząsów wywołanych pracą maszyn pobliskiej fabryki, może się zdarzać pęknięcie betonu, dajemy odpowiednio silne uzbrojenie ze stali okrągłej. Z zasady należy zbroić wszystkie płyty położone na nasypach o wysokości ponad 2 m. Wkładki stalowe układa się w nawierzchni w formie siatki stalowej (rys. 126), splecionej na krzyż, na głębokości najmniej 5 cm, najwyżej zaś 7 cm. Jeśli zatem budujemy nawierzchnię dwuwarstwową, układamy zbrojenie na powierzchni warstwy dolnej. Najczęściej stosowane średnice stali są 5 lub 6 mm. Ilość stali na 1 m<sup>2</sup> nawierzchni powinna wynosić co najmniej 2 kg. Siatki stalowe mają wygląd maty plecionej na krzyż, o oczkach mniej więcej 20 x 20 cm. Punkty zetknięcia prętów są spawane. Przekrój prętów układanych podłużnie winien być 2 — 3-krotnie większy od poprzecznych. Na brzegach płyt dajemy nieco więcej stali (rys. 126).

Grobla drogowa powinna być wykonana z dobrego materiału ziemnego zgodnie z nowoczesnymi pojęciami o fundamentowaniu, a więc grunt musi być nienasiąkliwy, odporny na działanie mrozów, dobrze odwodniony i równomiernie osiadający.

Jeśli chodzi o nośność gruntu nie należy stawiać zbyt ostrych warunków, gdyż sztywna płyta betonowa daje bardzo dobre i równomierne rozłożenie obciążeń na podbudowę. Jeżeli nasyp jest wykonany z materiału drobnoziarnistego (gлина), wówczas płytę betonową kła-

dziemy na pośredniej warstwie filtracyjnej grubości 10 — 20 cm z gruboziarnistego piasku, żwiru lub pospółki. Szczególną jednak uwagę należy zwrócić na to, aby powierzchnia korony robót ziemnych była gładka i miała starannie wyrobione spadki poprzeczne. Płyta betonowa ulega pewnym ruchom podłużnym i poprzecznym, mówi się że płyta „oddycha“ pod wpływem zmiennego działania temperatury i skurczu betonu w czasie okresu wiązania, źle zatem wyrównana podbudowa stawiałaby opór tym ruchom, a w następstwie byłaby przyczyną pęknięcia płyty. Jak duże znaczenie ma ten wzgląd świadczy fakt, że na niemieckich autostradach korona robót ziemnych, przed ułożeniem nawierzchni betonowej, jest ubijana specjalnymi maszynami (Planumsfertiger), które poza ubiciem nadają robotom ziemnym właściwy przekrój poprzeczny.

W braku wykańczarek można się posługiwać lekkimi walcami (rys. 127), ręcznymi ubijkami mechanicznymi, lub po prostu zwykłymi ręcznymi ubijkami belkowymi

Powierzchnię warstwy filtracyjnej, lub korony robót ziemnych wykonanych z materiału wodoprzepuszczalnego, należy przed rozpoczęciem robót betonowych skropić wodą, zabezpieczając w ten sposób beton od utraty wilgoci na rzecz podłoża.

„Oddychanie“ płyt jeszcze bardziej ułatwi warstwa papieru rozłożona na podłożu lub warstwie filtracyjnej (rys. 128). W Niemczech papier używany do tego celu jest specjalnie produkowany i odpowiada żądanym warunkom technicznym. Po 2-godzinnym moczeniu w wodzie ma wytrzymać obciążenie  $0,20 \text{ kg/cm}^2$  na  $100 \text{ cm}^2$  okrągłej powierzchni. Przepisowa waga wynosi 150 — 180 gramów/m<sup>2</sup>. Papier, odpowiadający tym warunkom, podczas wietrznej pogody nie będzie tworzył fałd. Dostarczany jest na budowę w grubych zwojach. W miejsce papieru można posługiwać się drobnoziarnistym piaskiem rozścielanym cienką warstwą grubości jednego centymetra.

Stare nawierzchnie szosowe, wykorzystane jako podłoże do nawierzchni, trzeba najpierw doprowadzić do żądanego profilu, wyrównując powierzchnię chudym betonem.

Cement używany do budowy nawierzchni betonowych powinien odpowiadać Polskim Normom Cementowym. Wyróżniane są cementy wolnowiązące, które obok wystarczającej wytrzymałości na ściskanie i zginanie oraz małego skurczu betonu, nadają mu dobrą urabialność. Zasadą jest używanie cementów zwykłych. Cementy wysokowartościowe można użyć tylko wtedy, gdy istnieje potrzeba szybszego otwarcia ruchu, lub kiedy ze względu na zbliżający się mróz potrzebne jest szybsze twardnienie betonu.

Na budowie cement chroni się przed wilgocią, układając go w drewnianych szopach na wysoko ponad ziemią umieszczonej i dobrze od wilgoci zabezpieczonej podłodze.

Cementu używa się nie wcześniej jak po upływie 3 dni i nie później jak po 1 miesiącu od chwili dostarczenia go na budowę. Star-

sze zamówienia wyrabia się najpierw; cementy zbyt zleżałe wykorzystuje się do robót mniej ważnych.

Zmiana marki cementu może nastąpić po całkowitym ukończeniu rozpoczętej płyty.

Jako kruszywa używa się tylko zdrowego — naturalnego, bądź sztucznego — kamienia w naturalnym uziarnieniu lub we frakcjach\*). Kruszywo powinno być wolne od domieszek gliniastych, ilastych i organicznych. Wytrzymałość na ściskanie kamienia użytego do wyrobu grysów nie może schodzić niżej granicy  $1600 \text{ kg/m}^2$ , nasiąkliwość wodą nie większa niż  $0,5\%$ , ścieralność na tarczy Böhme'go mniejsza od  $0,20 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ .

Do betonu warstwy dolnej może być użyty kamień słabszy o wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż  $1200 \text{ kg/cm}^2$ , a w wyjątkowych wypadkach, za zezwoleniem odnośnych władz,  $1000 \text{ kg/cm}^2$  z nasiąkliwością wodą nie większą niż  $2,5\%$ . Ścieralność nie gra żadnej roli.

Piasek używany do obu warstw betonu może być rzeczny, kopalny lub sztuczny (miał kamienny) o ziarnach do 2 mm. Piaski naturalne są lepsze od sztucznych.

Pospółka, jako naturalna mieszanina piasku ze żwirem, może być użyta wyłącznie do warstwy dolnej betonu.

Grys musi posiadać ziarna o kształtach kubicznych i powierzchniach bocznych szorstkich. Najlepszymi dla wyrobu grysów są następujące kamienie: granit, bazalt, diabaz, porfir kwarcytowy, kwarcyt, oraz szarogłaz.

Do warstwy górnej używa się grysów we frakcjach o uziarnieniu od 2 do 20 mm. Używanie ziaren ponad 25 mm jest niepożądane.

Do warstwy dolnej, przy grubości betonu poniżej 12 cm, średnica ziaren może wynosić 2 — 31,5 mm, przy grubości ponad 12 cm 2 — 40 mm.

Żwir i żwirek rzeczny lub kopalny może być użyty tylko do warstwy dolnej. Uziarnienie przy grubości betonu poniżej 12 cm: 2 — 31,5 mm, powyżej 12 cm: 2 — 40 mm.

Kruszywo nie może zawierać żadnych składników, które by zmniejszyły tężenie betonu, jego wytrzymałość i trwałość, lub wpływały ujemnie na stan włókien żelaznych.

Do szkodliwych składników zaliczyć należy:

Glinę, il i inne pyłowego charakteru domieszki, które mogą występować w postaci naturalnej, bądź w formie pyłu kamiennego. Pyłowe domieszki, powlekając powierzchnię ziarn kruszywa, utrudniają właściwe wiązanie betonu. Ilość pyłów nie powinna przekraczać  $1\%$  całkowitej wagi kruszywa. Odpalenie kruszywa może być dokonane płukaniem wodą. Przy piaskach czynność tę należy przeprowadzać

\*) Frakcje — odsiewane sorty kruszywa.

bardzo ostrożnie, aby nie wypłukać drobnego uziarnienia, które w betonie jest konieczne.

Dalej należy wymienić ciała organiczne, jak resztki roślin, torf, humus itp., oraz szczególnie węgiel brunatny, szkodliwy przede wszystkim w warstwie ścieralnej.

Krzywa przesiewu powinna leżeć w granicach dopuszczalnych (patrz Wytyczne do Budowy Dróg Betonowych § 3). Odchylenia od przepisanych granic są dopuszczalne wyłącznie za zezwoleniem kierownictwa budowy, które w podobnym wypadku wyda odpowiednie zarządzenia. Przekroczenie górnej granicy przesiewu powoduje zwiększenie ilości cementu, gdyż skład mieszanki jest drobnoziarnisty; przekroczenie granicy dolnej wymaga intensywniejszego ubijania betonu, który w tym wypadku jest zbyt gruboziarnisty.

W składzie kruszywa bardzo ważną rzeczą jest zawartość uziarnienia 0 — 0,2 mm. Drobne te ziarenka mają znaczenie decydujące dla urabialności betonu i jego szczelności, co specjalnie ważne jest dla betonu warstwy górnej. Ich brak sprawia nieraz ogromne kłopoty maszynie wykańczającej, która nie jest w stanie wykonać ostatecznego wygładzenia nawierzchni, pozostawiając beton rakowaty i niezamknięty.

Woda do betonu powinna być czysta. Każda woda spotykana w naturze i nadająca się do picia może być użyta do betonu. Wód mętnych lub z wodorostami, oraz wód z kanałów fabrycznych nie wolno używać.

Dozowanie składników betonu, tj. cementu, kruszywa i wody, powinno się odbywać wagowo. Tylko w ten sposób można być pewnym, że wykonywany beton będzie miał zawsze taki sam skład. Ponieważ urządzenia wagowe są bardzo drogie, zezwala się na objętościowe dozowanie kruszywa, cement natomiast dozuje się zawsze wagowo, co o tyle jest łatwe, że dostarcza się go na budowę w stanie odważonym, w workach 50-kilogramowych. Wskazane jest takie ustalenie składu mieszanki, aby używać pełnych worków. Jeśli ze względu na pojemność betoniarki jest to niemożliwe, należy mimo to cement odważać na zwykłej, niewielkiej wadze dziesiętnej.

Według polskich „Wytycznych“ ilość cementu na m<sup>3</sup> gotowego betonu winna wynosić:

a. przy nawierzchni jednowarstwowej . . . . 300 — 400 kg

b. przy nawierzchni dwuwarstwowej:

dla warstwy ścieralnej 350 — 400 kg, dla nośnej 250 — 350 kg

przy tym, że względu na skurcz betonu, różnica w ilości cementu użytego do obu warstw nie powinna przekraczać 100 kg na 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu.

Wodę dozuje się w litrach, przyjmując, że 1 litr wody waży 1 kg. Stosunek wagowy wody do cementu winien leżeć w granicach 0,40 — 0,55 dla warstwy ścieralnej i 0,45 — 0,60 dla warstwy nośnej. Należy mieć na uwadze, że ilość dodawanej wody zależy od wilgotności kruszywa, zmiennej zależnie od stanu pogody. Wszystkie

większe budowy zaopatrzone są w małe laboratoria, których zadaniem jest między innymi badanie wilgotności kruszywa, przynajmniej 2 razy w ciągu dnia. Laboratoria regulują sprawę dozowania, podając obsłudze betoniarek potrzebną porcję wody.

Dodatek wody do górnego betonu musi być w ten sposób do- bierany, aby po ubiciu nawierzchnia miała budowę zwartą. Na po- wierzchni nie może się ukazywać wydzielona płynna zaprawa ani też woda. Za duża albo za mała zawartość wody wpłynie niekorzystnie na wytrzymałość nawierzchni. Miarodajnym dla warstwy dolnej jest, aby beton po ubiciu miał wymaganą grubość i zwarty wygląd. W żad- nym wypadku nie może być on za suchy.

Cechowanie miar objętościowych dla piasku i grysów należy do- konywać przy lekkim utrząsaniu średnio wilgotnego kruszywa. Każda frakcja wymaga osobnej miary. Miary utrzymuje się w stanie czystym.

Mieszanie betonu może być wyłącznie maszynowe (poza drobnymi pracami naprawczymi). Czas mieszania powinien wynosić 1,5 minuty. Krótsze mieszanie jest niedopuszczalne. Czas mieszania liczy się od chwili dodania wody do kruszywa, znajdującego się w bębnie betoniarki. Betoniarki nie powinny być przeładowane ani niedoładowane.

Na wypadek zatrzymania maszyn bębny należy opróżnić, by nie dopuścić do stwardnienia betonu; dłuższa przerwa w pracy wymaga płukania betoniarek.

Celem należytego wykonania nawierzchni, betoniarki muszą mieć pojemność pozwalającą na ułożenie w ciągu 1 godziny przynajmniej 8 m bieżących nawierzchni.

Betoniarki powinny być wyposażone w czasomierz wskazujący czas mieszania betonu. Dozowanie wody odbywa się mechanicznie z dokładnością do 2%.

Wykonanie nawierzchni. Jednym z ważniejszych czynni- ków, wpływających decydująco na koszt i wydajność pracy, jest dobre rozmieszczenie i urządzenie placów materiałowych. Wskazane jest skła- danie wszystkich materiałów potrzebnych do wyrobu betonu na wspólnym placu, gdyż ułatwi to prawidłowe odmierzanie składników i ich przewożenie, łatwiejsza będzie również kontrola pracy. Poszczególne materiały składa się osobno na drewnianych podłogach lub w skrzy- niach, aby nie dopuścić do zanieczyszczeń ciałami obcymi lub wzajemnego mieszania się. Kolejność składowania materiałów powinna odpowiadać kolejności dozowania, z tego powodu ilości materiałów powinny być takie, aby wyczerpanie ich było równoczesne.

Wobec dużych ilości betonu, jakimi zazwyczaj operuje się na większej budowie, dostawa materiału do betoniarki musi się odbywać szybko i sprawnie. Materiał powinien czekać na betoniarkę — nigdy odwrotnie. Najkorzystniejsze dla transportu są wywrotki ciągnięte przez lokomotywy lub w gorszym wypadku popychane przez ludzi. Dobrze jest mieć 2 lub 3 składy wywrotek, kursujących ruchem okręż- nym; w tym celu toru powinny mieć mijanki urządzone w odpowied- nich miejscach.

Mieszanie, rozścielanie i ubijanie betonu powinno po sobie następować tak sprawnie, aby łącznie z czynnością wyprawiania szczelin i wykańczania nawierzchni nie nastąpił proces twardnienia betonu. Z tego powodu beton powinno się mieszać na budowie bezpośrednio w miejscu układania nawierzchni. Droga od miejsca mieszania do miejsca układania powinna być możliwie najkrótsza.

Nawierzchnię betonową można układać pełną szerokością lub pasami, a więc np. połowa szerokości, lub  $1/3$  szerokości, zależnie od rodzaju maszyn i ilości miejsca dysponowanego dla transportu.

**Szalowanie.** Beton układa się między bocznym szalowaniem montowanym na skrajach betonowanego pasa drogi. Szalowanie musi służyć jednocześnie dla utrzymania właściwej wysokości położenia nawierzchni; z tego powodu musi ono być dostatecznie mocne i wysokościowo bardzo dokładnie ułożone. Aby zadość uczynić tym warunkom, szalowanie układa się na podłużnych ławach betonowych, stanowiących jednocześnie fundament dla toru pod maszyny. Wymiary ławy wynoszą  $15 \times 25$  cm szerokości. Do szalowania używa się kąteków stalowych przymocowanych do ław betonowych za pośrednictwem wtopionych w beton krótkich podkładów drewnianych oraz wkrętów i żabek stalowych. Na podkładach, obok kątowników, spoczywają szyny toru dla maszyn (rys. 129).

Wszystkie stalowe i drewniane części szalowania, które będą dotykały świeżego betonu, smaruje się oliwą, betonowe bitumem; można również stosować papę jako izolację. Drzewo jako mało sztywne mniej nadaje się na szalowanie.

Ponieważ ciężkie maszyny, wykonujące czynności ubijania i wykańczania nawierzchni, poruszają się po szynach, więc od sztywności toru zależy równość i gładkość nawierzchni. Dla mocowania szyn służą te same urządzenia pomocnicze jak dla szalowania. Związanie szyn z szalowaniem powinno być mocne.

Jeśli nawierzchnię kładziemy połową, wówczas beton gotowego pasa jezdni stanowić będzie jednocześnie szalowanie boczne i fundament pod szynę. Może jednak nastąpić nie wcześniej jak po 7 dniach ciepłej i 12 dniach chłodnej pogody, licząc od chwili ubicia betonu.

Podczas pracy maszyn powierzchnie szyn i szalowania powinny być utrzymane w czystości.

Zdjęcie szalowania może nastąpić przy ciepłej pogodzie po 18, przy chłodnej po 36 godzinach. W każdym wypadku kanty betonu w czasie rozszalowania nie powinny ulegać odłupywaniu się.

**Powierzchnia podłoża.** Jeśli podłożem jest zwirowa lub piaskowa warstwa filtracyjna, wyrównujemy jej górną powierzchnię z dokładnością do  $\pm 1$  cm. Wyrównanie następuje przez ubicie specjalnymi maszynami, a w ich braku ręcznie. W Niemczech używa się ubijaczek (Planumsfertiger), poruszających się po torze dla maszyn betonujących. Tańsze, lecz nieco mniej dokładne w pracy są skaczące ubijaki mechaniczne (rys. 130). Dla lepszego ubicia zwilża się płasz-



czynnę podłoża mniej lub więcej, zależnie od jej stanu, bezwarunkowo jednak należy unikać nadmiernego zwilżania.

Nie wolno układać betonu na podłożu zmarzniętym. W braku maszyn podłoże można ubijać ręcznie, posługując się stalowymi belkami ubijającymi (z uchwytami) o długości przystosowanej do połowy szerokości nawierzchni (a więc około 3 m).

Wyglądzone podłoże przykrywa się izolacyjną warstwą specjalnego papieru (dostarczanego w zwojach), lub w braku tegoż 1-cm. warstwą drobnoziarnistego piasku ubitego następnie wspomnianymi wyżej ręcznymi ubiżakami belkowymi.

Mieszanie betonu. Układanie betonu i żelaznych wkładek. Mieszanie betonu odbywa się w mieszarce, zapewniającej prawidłowe wymieszanie składników. Najczęściej używanymi są mieszarki wolnospadowe, rzadziej łopatkowe (przeciwprądowe). Pojemność betoniarki wynosi zazwyczaj co najmniej 1 m<sup>3</sup>. Bębny mieszające montowane są na specjalnie skonstruowanych pomostach stalowych, poruszających się po torze ułożonym wzdłuż drogi (rys. 131). Dostarczanie materiału do bębna odbywa się przy pomocy ruchomego kosza, dźwigającego swą zawartość z poziomu ziemi do otworu wpustowego bębna. Kosz wykonuje swoją pracę po zewnętrznej stronie budowanej drogi, gdzie ułożone są tory dla wagoników dostarczających mieszankę. Oprócz koszy bocznych używa się również mieszarki z koszami czołowymi, pracującymi w obrębie pasa budowanej nawierzchni.

Pojemność bębna odpowiada pojemności jednego kosza i pojemności jednej lub dwu wywrotek.

Wodę dla betonu dostarcza się rurami ułożonymi wzdłuż drogi. Budowa musi być zaopatrzona w pompy i odpowiednią ilość rur, dostarczających wodę dla wszystkich robót związanych z budową nawierzchni (woda do betonu, polewanie betonu, skrapianie warstwy filtracyjnej itp.). Na budowie powinno się rozporządzać dwiema pompami, zmontowanymi obok siebie, aby na wypadek zepsucia się jednej móc włączyć natychmiast drugą. Brak wody jest niedopuszczalny. Rury zaopatruje się w zasowy i trójniki montowane w odstępach odpowiadających stanowiskom betoniarki. Odległość stanowisk mieszarki wynosi około 80 — 150 m zależnie od scharmonizowania pracy wszystkich maszyn. Do zadań kierownictwa budowy lub budującej firmy należy sumienne i dokładne wyliczenie odstępów stanowisk betoniarki, od tego bowiem będzie zależeć szybkość i wydajność pracy.

Gotowy, wymieszany beton powinien być układany niezwłocznie i bez przerwy. Niezależnie od rodzaju używanych maszyn i sposobu ubijania obowiązują następujące zasady:

1. Beton układa się warstwami.
2. Każdą warstwę ubija się osobno, o ile nie rozporządza się maszynami, pozwalającymi na jednoczesne ubijanie kilku warstw.
3. Warstwy kładzie się bezpośrednio jedną na drugą.

4. Przed ułożeniem warstwy górnej należy sprawdzić wysokościowe położenie dolnej, aby warstwa górna nie wypadła za gruba lub za cienka.

5. Beton rozściela się ostrożnie, unikając wtlaczania go pod warstwę papieru.

6. Beton zanieczyszczony oliwą, smarami, starym stwardniałym betonem itp. należy usuwać.

7. Na przestrzeni jednego pola praca nie może być przerwana. Przerwy w pracy muszą przypadać na chwilę całkowitego ukończenia pola.

8. Od chwili rozłożenia warstwy dolnej, beton górnej warstwy musi być przerobiony łącznie z obrobeniem szczelin co najmniej w 2 godziny przy ciepłej i w 3 godziny przy chłodnej pogodzie.

Wkładki żelazne układa się w formie mat plecionych ze stali okrągłej. Głębokość układania pod powierzchnią jezdni w nawierzchni 1-warstwowej wynosi 5 — 7 cm. W nawierzchni 2-warstwowej żelazo układa się między warstwą dolną i górną. Maty należy układać równo, aby nie sprężynowały. W miejscach styków nakłada się je na siebie na 20 cm lub na wielkość jednego oczka maty. Odległość żelaza układanego w dolnej części betonu (np. nad świeżo zasypnym przepustem) winna wynosić przynajmniej 3 cm od spodu betonu. Dolny beton otrzymuje wówczas minimum 270 kg cem/m<sup>3</sup> i w celu lepszej przyczepności do stali więcej wody (beton plastyczny).

Dostarczanie betonu na miejsce przeznaczenia powinno się odbywać drogą najkrótszą. W ostatnich czasach rozpowszechniły się bardzo tzw. rozdzielacze betonu. Składają się one z blaszanego zbiornika o objętości równej pojemności betoniarki. Jednorazowa mieszanka bębna mieści się całkowicie w kuble.

Kubel rozdzielczy jest tak skonstruowany, że ma ruch postępowy wzdłuż osi drogi i poprzecznie do niej. Odpowiednie włączanie obu tych ruchów pozwala na rozkładanie betonu po całej powierzchni betonowanej nawierzchni. Konstrukcja kubła rozdzielczego, lub krótko — rozdzielacza — składa się z pomostu ułożonego na podwoziu poprzecznie do osi drogi i z umieszczonego na nim kubła, który może się poruszać wzdłuż pomostu, a więc poprzecznie do drogi. Źródłem siły dla obu ruchów jest niewielki motor spalinowy zmontowany na pomoście. Poruszający się na szynach rozdzielacz zajżdza pod wylot betoniarki ustawionej na tym samym torze, otrzymuje od niej samoczynnie porcję betonu, po czym odjeżdża do miejsca rozkładania mieszanki. Po otwarciu szpary w dnie kubła materiał wysypuje się przy jednoczesnym ruchu kubła w poprzek drogi (rys. 132). W ten sposób beton rozkłada się pasami o jednakowej grubości; wszelkie rozgarnianie, poza bardzo drobnymi poprawkami jest zbędne, beton jest gotów do ubijania.

Ubijanie betonu i wykańczanie nawierzchni — w wszystkich czasach wykonywane jest wyłącznie maszynowo. Istnieją dwa typy maszyn ubijających: wykańczarki z ubijakami belkowymi (rys. 133)

lub młotkowymi (rys. 134), oraz wibratory (rys. 135). Pierwsze ubijają beton ruchomą belką stalową podnoszącą się i opadającą (120—200 uderzeń na minutę) lub opadającymi młotami, drugie wibrującą (drgającą) belką o częstotliwości drgań około 3000 na minutę. Maszyny te, poruszając się po torze wspólnym dla betoniarki i rozdzielacza, ubijają beton na całej szerokości nawierzchni. Konstrukcja wibratorów jest znacznie lżejsza, zaś rezultaty ubijania lepsze, [toteż w ostatnich czasach maszyny te znajdują coraz szersze zastosowanie. Przy mniejszych robotach oraz w miastach używa się mniejszych wibratorów przesuwanym ręcznie (rys. 136).

Wykańczarki belkowe (młotkowe wychodzą już z użycia) nadają się dla dróg o małej ilości krzywizn, a więc w terenach nizinnych. W terenach górskich, gdzie oś drogi wiję się w licznych zakrętach i na większych spadkach, maszyny te znajdują mniejsze zastosowanie. Pomijając trudność przejazdu bardzo szerokich maszyn po ostrych łukach, wchodzi w grę jeszcze jeden czynnik, mianowicie nierównomierne ubicie betonu na krzywiznie. Wskutek tego, że wewnętrzne koła opisują mniejszy łuk, zewnętrzne większy, ubicie betonu po zewnętrznej stronie łuku jest za słabe, po wewnętrznej nadmiernie mocne. Jest to duża wada wobec wymagania równomiernego ubijania betonu na całej szerokości jezdni.

Duże spadki podłużne drogi mogą wywołać spływanie betonu ku dołowi, co w rezultacie będzie przyczyną pofalowania nawierzchni. Z tego powodu w Ameryce na większych pochyleniach układa się beton ręcznie.

Na korzyść wibratorów przemawia lepsze układanie się ziarn kruszywa w wibrowanym betonie. Ziarna dopasowują się idealnie, dając doskonale zagęszczony beton o dużej wytrzymałości i lepiej wykończoną powierzchnię jezdni (bardziej szorstką).

Niezależnie od rodzaju użytych maszyn należy trzymać się następujących zasad:

1. Każda warstwa betonu musi być na całej szerokości powierzchni jezdni równomiernie ubita.

2. W zależności od sposobu pracy maszyn drogą prób ustala się wysokość sypania warstw betonu.

3. Grubość pojedynczej ubijanej warstwy nie powinna przekraczać 15 cm.

4. Należy zwracać baczną uwagę na dobre ubicie kątów nawierzchni.

5. Dodawanie do betonu wody lub zaprawy dla osiągnięcia lepszego wykończenia nawierzchni jest niedopuszczalne. Małe poprawki, jak zacieranie rakowatych miejsc, mogą być wykonane tylko przy pomocy rajbetek murarskich.

6. Wykończoną nawierzchnię można przeciągnąć prostopadłe do osi drogi szeroką szczotką włosianą.

7. Równość nawierzchni musi być skontrolowana natychmiast po jej wykończeniu za pomocą długich łat drewnianych.

8. Nierówności należy natychmiast usunąć, a poprawiane miejsce jeszcze raz wygładzić (maszynowo).

Ostateczne wygładzenie górnego betonu wykonuje specjalna belka gładząca o przekroju skrzynkowym, wmontowana do wykańczarki. Belka ta, spoczywając całym swym ciężarem na powierzchni ubitego już betonu warstwy górnej, posiada oprócz ruchu postępowego całej maszyny swój własny ruch poprzeczny. Dzięki takiemu urządzeniu jej wypadkowy ruch w stosunku do betonu jest wężykowaty i zbliżony do stale powtarzającego się ruchu, jaki wykonuje się ręcznie kielnią lub rajbarką murarską.

Wykonanie szczelin. Nie można wykonywać nawierzchni betonowej w formie jednej ciągłej płyty na całej długości drogi, tak jak wykonuje się np. nawierzchnie bitumiczne. Stałe zmiany temperatur w ciągu dnia i nocy oraz różnych pór roku, wywołują na przemian kurczenie się i rozszerzanie betonu, który jest zbyt sztywny, a przy tym za mało wytrzymały, aby bez szkody dla siebie mógł wytrzymać działanie wewnętrznych sił, jakie zachodzą w nim w czasie kurczenia się i rozszerzania; nastąpiłoby pęknięcie płyty betonowej w pewnych dość regularnych odstępach. Aby temu zapobiec sami świadomie tniemy płytę nawierzchni na mniejsze pola dostatecznie wytrzymałe, by zmniejszyć wpływ zmian temperatury. Miejsca przecięć nazywamy fugami lub szczelinami dylatacyjnymi (rozdzielającymi). Ogólnie rzecz biorąc zadanie szczeliny jest podwójne: z jednej strony powinna ona umożliwić rozszerzanie się płyt sąsiednich, z drugiej zapobiec pękaniu betonu pod wpływem własnego skurczu. Przeciw rozszerzaniu się i kurczeniu płyt stosuje się szczeliny dylatacyjne<sup>1)</sup>, przeciw samemu tylko kurczeniu się szczeliny kontrakcyjne<sup>1)</sup>.

Zależnie od sposobu przecięcia płyty rozróżniamy szczeliny podłużne i poprzeczne.

Szczeliny poprzeczne stosowane są w każdym wypadku. Wykonuje się je prostopadle do osi drogi w odstępach co 6 — 15 m. Przy grubościach płyt poniżej 15 cm odstęp ten nie powinien przekraczać 10 m.

W krajach o łagodnym klimacie, np. morskim, odstęp szczelin można powiększyć.

Na krzywiznach o promieniu mniejszym niż 1000 m wskazane jest zmniejszenie rozstawu szczelin.

Przy przejściu drogi z wykopu w nasyp, a więc gdy następuje zmiana właściwości nośnych podłoża, również zakładamy fugi poprzeczne.

<sup>1)</sup> Szczelina dylatacyjna jest przecięciem świeżego betonu na całej jego grubości. Szczelina kontrakcyjna jest przecięciem częściowym na głębokość kilku cm od powierzchni betonu i może pracować tylko na rozciąganie. Nadcięty beton pęknie wewnątrz wzdłuż szczeliny pozornej.

Zmiana długości następujących po sobie płyt, w celu uniknięcia rytmicznych drgań pojazdów, nie jest potrzebna.

Szczeliny podłużne (po środku jezdni) stosowane są tylko dla nawierzchni szerszych od 4,5 m. Poprzeczny ruch płyt nie może być krępowany przez krawężnik kamienny, dlatego też oddziela się go (łącznie z fundamentem) podłużną szczeliną dylatacyjną.

Należy unikać szpiczastych zakończeń płyt (możliwość złamania się naroża). Powierzchnia pojedynczego pola nie powinna przekraczać 30 m<sup>2</sup>, a największa długość jednego z boków 8 m. Rozmieszczenie szczelin na placach i skrzyżowaniach dróg powinno być estetyczne — wykonane według planu.

Szczeliny podłużne wykonuje się na ogół jako kontrakcyjne, jednak na łukach o promieniu mniejszym od 600 m trzeba je wykształcać jako dylatacyjne.

Szerokość szczelin zależy od długości płyt i rodzaju klimatu, w którym układa się nawierzchnię. Poprzeczne powinny mieć wymiary od 12 do 16 mm. Należy z grubsza trzymać się zasady, że szerokość szczeliny powinna mieć tyle milimetrów ile metrów długości ma płyta.

Sposób wykonania szczelin jest różny w części dolnej i górnej betonu. Dolną warstwę betonu przedziałamy wkładką drewnianą (cienką deską), która pozostaje w nawierzchni na stałe, górną zaś przecinamy wkładką stalową wyjmowaną po dostatecznym stężeniu betonu. Po wyjęciu wkładki szczelinę wypełniamy miękkim materiałem (asfalt). Istnieje cały szereg innych sposobów wykonywania szczelin w górnym betonie jak np. przecinanie świeżego betonu talerzowym nożem, przecinanie stwardniałego betonu tarczą karborundową itp., najlepszym dotychczas okazał się jednak ten, przy którym wkładka stalowa włożona do betonu w czasie betonowania, zostaje potem w odpowiednim czasie (po stwardnieniu betonu) wyciągnięta. Doskonale wyniki daje system Wielanda (rys. 137) polegający na umieszczeniu w świeżym betonie stalowej listwy wewnątrz pustej, wymiarów około 50 x 12 mm. Listwa o wymiarach dostosowanych do szczeliny powleczonej jest z wierzchu asfaltem. Pozostaje ona w betonie do czasu wykończenia nawierzchni i dostatecznego stwardnienia betonu, po czym do wnętrza listwy wpuszcza się parę (ze specjalnych przewoźnych kociołków parowych), która ogrzewa i zmiękcza asfalt, powlekający ścianki listwy. W tym momencie wyjęcie listwy nie sprawia żadnych trudności. Pomiędzy dwiema szczelinami dylatacyjnymi jedną lub dwie można wykonać jako kontrakcyjne.

Fugi kontrakcyjne wyżłabia się na powierzchni betonu na głębokość co najmniej 5 cm, posługując się stalową wkładką wciskaną w świeży beton, albo przecinając tarczą karborundową stwardniały beton.

Szerokość szczeliny powinna wynosić co najmniej 8 mm.

Oprócz omówionych wyżej istnieją jeszcze tzw. szczeliny dociskane stosowane wtedy, gdy pasy nawierzchni betonuje się kolejno po sobie. Stwardniały beton smaruje się asfaltem, nie dopuszczając w ten sposób do związania ze świeżo układanym. Szerokość szczeliny nie mniej niż 8 mm.

Krawędzie wszystkich szczelin zaokrągla się promieniem 5—10 mm.

Wszystkie prace związane z wyprawianiem szczelin muszą być ukończone przed początkiem wiązania betonu.

Po wyjęciu tymczasowych wkładek stalowych, szczeliny należy zabezpieczyć od zanieczyszczeń (zatykanie papierem z worków od cementu) aż do chwili wypełnienia masą zalewową.

Wyprawianie szczelin powinno być bardzo staranne. Do najsłabszych miejsc nawierzchni należy szczelina, tam bowiem najłatwiej następuje odkruszanie się betonu. Z tego powodu staramy się wykonywać szczeliny tak, by je możliwie jak najbardziej uchronić przed siłami niszczącymi. Aby to osiągnąć należy trzymać się następujących zasad:

1. Krawędzie szczeliny powinny mieć jednakową wysokość. Mała nawet różnica poziomów krawędzi będzie wywoływała uderzenia ciężkich kół pojazdów drogowych, których miazdzące działanie rozkruszy beton;

2. Szczeliny powinny mieć wyokrąglone krawędzie (promieniem  $r = 0,5$  do 1 mm), ponieważ ostry kant betonu ma minimalną wytrzymałość;

3. W czasie wyprawiania szczelin jest niedopuszczalne jakiegokolwiek nadsztukowywanie betonu. Nadkładany beton najczęściej odpryskuje. Jeśli sztukowanie jest nieuniknione należy to czynić, używając tej samej mieszanki, pobieranej bezpośrednio z betoniarki;

4. Późniejsze wypełnianie gotowych już szczelin musi być zawsze całkowite;

5. Dla zapewnienia dobrej przyczepności masie wypełniającej należy ścianki szczeliny zachować w czystości.

Wyprawianie szczelin odbywa się niezwłocznie po ukończeniu czynności wykonywanych przez wykańczarkę. Aby ustrzedz się od chodzenia po betonie, murarze zajęci wyprawianiem posługują się specjalnym wózkiem roboczym, poruszającym się po torze przeznaczonym dla maszyn betonujących. Wózek ma kształt ramy stalowej (konstrukcja zupełnie lekka), na której układa się ruchome pomosty z desek o takiej tylko wytrzymałości, by mogły utrzymać murarza pracującego w pozycji leżącej. Wysokość wózków, przykrytych zwykle brezentowymi daszkami (dla ochrony przed deszczem), wynosi nie więcej jak 30 cm ponad betonem. Ponieważ chodzi o szybkie wykonywanie tej pracy, instaluje się co najmniej 2 wózki robocze, na których może pracować jednocześnie kilku murarzy.

Do tej odpowiedzialnej czynności powołuje się lepszych fachowców, dobrze wynagradzanych.

Oprócz zwykłych narzędzi jak różnego rodzaju kielni, drewnianych rajbetek, pędzli, murarz zaopatrzone jest w specjalne rajbetki stalowe, przystosowane do zaokrąglonych kształtów szczeliny (rys. 138).

Wypełnianie szczelin. Przed wypełnieniem szczelin należy najpierw przekonać się o ich czystości. Na całej głębokości szczeliny

nie może być żadnych ciał obcych, szczególnie twardych (kawałki grysu, stwardniały beton itp.), pozostawione bowiem mogłyby później wywołać pęknięcia lub odpryski betonu.

Po starannym oczyszczeniu następuje posmarowanie ścianek i krawędzi szczelin asfaltem miększego gatunku, po czym można przystąpić do czynności zalewania. Masy zalewowe, dostarczane z fabryk w gotowym stanie, powinny zawierać 55% bitumu oraz drobnoziarniste kruszywo z lekką domieszką materiału włóknistego jak np. azbest.

Masę podgrzewa się w niewielkich przewoźnych kociołkach do temperatury nie wyższej ponad 180°C i rozlewa ręcznie ze zwykłych nitowanych kubelków z dziobkami. Zalewanie szczelin powinno być dwurazowe. Za pierwszym razem zalewamy szczelinę na głębokość 4/5, umożliwiając w ten sposób wniknięcie masy we wszystkie dziury, drugi i ostatni zalew przeprowadzamy do całkowitego wypełnienia szczeliny.

Temperatura masy powinna być sprawdzana termometrem. Roztapianą masę należy zużywać całkowicie, bez pozostawiania na następny raz.

Kotwiczenie i dyblowanie szczelin. Wskutek częstych wypadków nierównomiernego osiadania podbudowy następuje niejednokrotne osiadanie płyt, nawet ich załamywanie się, jeśli podbudowa osiadła tylko pod częścią płyty. Przez różne osiadanie płyt poziom krawędzi szczelin ulega zmianie, tworząc mały stopień, szkodliwy w skutkach dla nawierzchni. Aby temu zapobiec, stosuje się kotwiczenie i dyblowanie sąsiadujących płyt, zależnie od rodzaju szczeliny dylatacyjnej.

Dyble wykonywane są ze stali okrągłej o  $\varnothing$  18 — 22 mm i długości 60 — 70 cm (rys. 139). Wbetonowuje się je po połowie długości w każdą z sąsiadujących płyt, otrzymując w ten sposób ich szczipienie się. Ponieważ jednak ruch termiczny płyt musi być zachowany, jedną połowę dybla zabetonowuje się na stałe, drugiej przez poprzednie posmarowanie warstwą izolującą (np. bitumem) zostawia się możliwość wykonywania ruchów wewnątrz płyty. Na końcu każdej wysmarowanej części dybla nasadza się łuskę z 2-cm. luzem między dnem łuski a czołem pręta. Luźną przestrzeń wypełnia się korkiem, trocinami lub innym materiałem podobnego charakteru. Rozstaw dybli ułożonych w połowie wysokości płyty wynosi 30 cm, na skrajach płyty 20 o 12,5 cm.

Dyblowanie poprzecznych kontrakcyjnych szczelin różni się od przestrzennych brakiem łusek i mniejszą średnicą prętów (16 — 18 mm).

Sposób montowania dybli przed ich zabetonowaniem jest następujący: przez otwory wywiercone w desce szczelinowej przetykamy dyble, poczem, aby zapobiec wzajemnej zmianie odległości ich końców, nasadzamy z obu stron płaskowniki stalowe z odpowiednio pasującymi otworami. Otrzyma się w ten sposób jakby drabinkę z trzema podłużnymi drążkami — i następnie całość układamy w miejscu przewidywanej szczeliny (rys. 140). Prawidłowe położenie dyblowania regulu-

jemy betonem podsypywanym w formie kupek w kilku miejscach pod płaskownikami lub specjalnymi podpórkami z prętów stalowych (rys. 140).

Kotwice (bez haków), które wbetonowuje się na stałe, wykonywane ze stali okrągłej o  $\varnothing$  14 — 16 mm, mają kształt prostych prętów długości 1 — 1,2 m. Wzajemny ich odstęp wynosi na prostej 1,50 m, na łukach o promieniu mniejszym od 600 m — 0,75 cm, przy czym w pierwszym wypadku rozmieszcza się je na całej długości, w drugim tylko w środkowej, trzeciej części długości płyty.

Kotwiczenie stosuje się tylko w szczelinach podłużnych.

Pielęgnowanie gotowej nawierzchni. Proces wiązania i twardnienia betonu wymaga stałego dostarczania wody. Działanie słońca i wiatru przyspiesza wysychanie betonu; opady atmosferyczne dostarczają wprawdzie potrzebnej wilgoci, lecz swym działaniem mechanicznym niszczą beton, wyplukując w pierwszym okresie wiązania i twardnienia cement i drobniejszy materiał mineralny. Dopóki beton nie związał i nie rozpoczął procesu twardnienia, chroni się go przed niszczącymi wpływami, przykrywając daszkami przynajmniej przez 5 godzin w okresie ciepłej pogody i 8 godzin podczas chłódów. Daszki ochronne (rys. 141) (ruchome, osadzone na kółkach bardzo lekkiej konstrukcji, poruszają się po torze przeznaczonym dla maszyn) muszą być niskie i pomalowane na jasny kolor, przeciwdziałający promieniom słonecznym. Aby zmniejszyć ruch prądów powietrza pod daszkami, zasłania się je z boków i od czoła płachtami.

Oprócz tego zaleca się rozpinać pod daszkami płachty jutowe na wysokości 5 — 10 cm ponad nawierzchnią. Wszystkie maszyny, jak również murarskie wózki robocze, powinny być przykryte daszkami; ogólna ilość daszków musi odpowiadać 8 — 10-godzinnej wydajności pracy układania nawierzchni. Niezwłocznie po usunięciu ochrony daszkowej, którą w miarę postępu robót posuwa się do przodu (na torach), powinno nastąpić przykrycie betonu piaskiem, matami słomianymi lub trzciniowymi, materiałami tkanymi itp., zwilżanymi nieustannie wodą w czasie pierwszych 10 dni. Po upływie tego czasu, po usunięciu warstwy chroniącej beton, polewamy go wodą jeszcze przynajmniej przez 5 dni, starając się, szczególnie podczas upałów, nie dopuścić do nadmiernego schnięcia.

Do polewania wodą używa się długich węzów gumowych włączanych do przewodu rurowego, biegnącego wzdłuż drogi.

Otwarcie ruchu. W okresie ciepłej, letniej pogody ruch na drodze można otworzyć już po 3 tygodniach od chwili ukończenia betonowania. Jeśli dla skrócenia tego terminu pracowano cementem wysokowartościowym, dla dostatecznego stwardnienia betonu wystarczy 10 dni. Polskie normy przewidują termin 28-dniowy. Terminy otwarcia nie odnoszą się do lekkich ogumionych wozów używanych na budowie do polewania wodą lub dla innych celów.

Przed oddaniem drogi do użytku wszystkie szczeliny powinny być wypełnione masą zalewową na głębokość przynajmniej 4 cm.



Wypełnienie szczelin ma zabezpieczyć od przenikania w głąb nawierzchni wody i brudu, jak również od obłamywania się krawędzi betonu. Jeśli szczelina jest głębsza niż 4 cm, to dolna jej część może być wypełniona bitumowanym piaskiem o uziarnieniu do 0,3 mm.

Dziennik budowy. Przebieg budowy ilustruje się w dzienniku budowy, który powinien w swej treści obejmować:

dane techniczne (grubość nawierzchni, rozstaw szczelin, wkładki stalowe, sposób kotwiczenia i dyblowania itp.), używane materiały budowlane, warunki wyrobu betonu (pogoda, temperatura, czas budowy, przerwy w pracy itp.), sposób opieki nad wykonaną nawierzchnią, przeprowadzane badania (próby cementu, kruszywa, betonu, wytrzymałości itp.), szczególne wydarzenia na budowie itp.

Laboratorium. Każda większa budowa powinna rozporządzać własnym laboratorium, które jest jakby organem kontrolującym prawidłowość wykonywania nawierzchni. Głównym zadaniem laboratorium jest przestrzeganie, by budowa nawierzchni betonowej odbywała się zgodnie z przepisami technicznymi, obowiązującymi w danym kraju. W związku z tym prace laboratorium obejmują:

1. ustalanie składu mieszanki betonu,
2. kontrolę dostarczanych materiałów,
3. kontrolę wykonywanego betonu,
4. kontrolę wykonanej nawierzchni,
5. kontrolę prawidłowej pielęgnacji nawierzchni,
6. ustalanie terminu otwarcia ruchu na drodze,
7. prowadzenie dziennika budowy.

Podstawą działania laboratorium są normy i przepisy, lub wytyczne. Tekst polskich Wytycznych do Budowy Dróg Betonowych podany jest na końcu niniejszej książki.

Utrzymanie i konserwacja nawierzchni betonowej. Trwałość nawierzchni, przy najniższych kosztach utrzymania i konserwacji, będzie wskaźnikiem jej wartości użytkowej, która wzrośnie, jeśli zawnazsu będziemy usuwać wszystkie jej wady i uszkodzenia.

Wymaga to bacznej obserwacji nawierzchni i przeprowadzania robót naprawczych już od momentu jej wybudowania.

Do prac konserwacyjnych będą się zaliczać: opieka nad szczelinami i pęknięciami, naprawa uszkodzonego betonu oraz zachowanie równości nawierzchni.

Opieka nad szczelinami. Poziom masy zalewowej w szczelinie nie jest stały, zmienia się on w zależności od temperatury otoczenia. Nagrzane promieniami słonecznymi płyty będą się rozszerzać, wyciskając masę zalewową ze szczelin, pod działaniem zaś niskich temperatur nastąpi zjawisko odwrotne chowania się masy w powięk-

szone szczeliny. Do usuwania nadmiaru masy, wyciekającej na powierzchnię jezdni, wybieramy porę wiosenną, uzupełnienia zaś przeprowadzamy w jesieni.

Wszelkie wykruszenia się zle wykonanej lub przegrzanej masy zastępujemy świeżą na głębokość przynajmniej 3 cm.

Wszelkie ciała obce wciśnięte w powierzchnię masy zalewowej należy usuwać, uzupełniając braki materiałem szczelinowym.

Każda wymiana masy zalewowej, wykonywana choćby na najkrótszym odcinku, wymaga starannego oczyszczenia ścianek szczeliny, oraz wstępnego posmarowania ich rzadszym bitumem.

Opieka nad pęknięciami. Dla naprawy rys rozstrzygającym jest rodzaj obręczenia pojazdów poruszających się po drodze oraz możliwość przenikania wody w głąb podłoża.

Przy ruchu wyłącznie samochodowym i na podłożu wodopruszczalnym, naprawa drobnych i cienkich rys może być zbędną, w innych warunkach jest konieczna. Do uszczelniania pęknięć używa się materiały bitumiczne, jak np. bitumiczne zaprawy, płynne asfalty lub nawet emulsje. Pęknięcia na powierzchni betonu zbrojonego lepiej jest uszczelnić rozczynem parafinowym.

Bardzo cienkie rysy, w które asfalt z trudnością przenika, smaruje się kilkakrotnie na zimno asfaltem upłynnionym.

Szerokie pęknięcia wypełnia się płynną masą zalewową (bitumiczną), przed tym jednak muszą one być poszerzone (rozkute) do szerokości około 5 cm i starannie oczyszczone z brudu i luźnych materiałów. Głębokość zalewu szerokich szpar powinna wynosić co najmniej 2 — 3 cm.

Naprawa uszkodzonych miejsc. Małe uszkodzenia można naprawiać dorywczo bitumowanymi grysami, większe wyłącznie betonem. Nakładanie cienkich warstw zaprawy cementowej jest bezcelowe.

W nawierzchni dwuwarstwowej naprawę przeprowadza się na całej grubości warstwy ścieralnej, w jednowarstwowej na głębokość przynajmniej 7 cm, w zbrojonej na 2 cm niżej poziomu stalowych wkładek.

Łatanie jest tylko wtedy opłacalne, gdy naprawiany beton jest bez zarzutu; w przeciwnym razie należy wymienić całą płytę lub przynajmniej warstwę ścieralną. Przy wymianie części pola stary beton od nowego oddzielamy szczeliną.

Zniszczone szczeliny odnawiamy betonując nową krawędź płyty na szerokości 30 cm i głębokości 7 cm.

Przy robotach naprawczych należy zwracać uwagę na następujące szczegóły:

Krawędzie miejsc łatanych powinny być ostre, a ścianki wykutych otworów pionowe. W wypadku piłowania dziur, powierzchnie cięcia należy lekko nadkuć dla zwiększenia przyczepności do nanoszonego betonu. Po wykuciu (przed betonowaniem) łąta musi być oczysz-

czona i przynajmniej przez 4 godz. nasycana wodą; zabezpieczamy się w ten sposób przed stratą wilgoci betonu świeżego na rzecz starego. Bezpośrednio przed betonowaniem usuwamy nadmiar nie wsiąkniętej wody. Na powierzchniach łączenia betonów szcztokuje się gęste mleko cementowe o składzie 0,35 litra wody na 1 kg cementu, po czym nakłada się beton w 2 warstwach, ubijając każdą z nich osobno. Ubijanie powinno być szczególnie staranne przy brzegach łąty. Po przerwie półgodzinnej łątę ubija się jeszcze raz, poczem można już przystąpić do czynności wykańczających, obrabiając beton drewnianymi rajbetkami aż do zupełnego wygładzenia.

Skład mieszanki betonu użytego do robót naprawczych powinien być identyczny ze składem betonu łątanego, zwiększamy jedynie zawartość cementu (o 10%). Ilość wody ma być taka, aby beton po ubiciu lekko się pocił. W wypadku zbrojenia daje się beton plastyczny.

Ponieważ zakres robót naprawczych jest niewielki, dopuszczamy ręczne mieszanie betonu i objętościowe dozowanie składników miarami cechowymi.

Kruszywo z cementem przerabia się na sucho przynajmniej 3 razy, aż do otrzymania jednakowego zabarwienia mieszanki, potem dopiero dodaje się wodę z konewki zaopatrzonej w sitko (chodzi o formę natrysku). Nie należy rozrabiać więcej betonu niż ma się go zużyć.

W pierwszej chwili naprawione łąty nakrywa się wilgotnymi szmatami, następnie, po lekkim stwardnieniu betonu, przykrywa się mialkim piaskiem utrzymywanym w wilgoci do momentu stwardnienia betonu i otwarcia ruchu.

Dla przyspieszenia terminu otwarcia ruchu używa się często cementów wysokowartościowych. Wskazane jest prowadzenie robót naprawczych w dni o pogodzie umiarkowanej, bezsłonecznej.

Zachowanie równości nawierzchni. Najczęstszą przyczyną powstawania nierówności w nawierzchni jest nierównomierne osiadanie podtorza lub podłoża. Po ustaleniu przyczyn braki podłoża usuwa się według ogólnych zasad budowy dróg.

Osiadanie nawierzchni w pobliżu szczelin może być usunięte przez ścięcie wystającego betonu. Puste przestrzenie, powstające pod płytą wskutek osiadania podłoża, mogą być wypełnione przez wtłaczanie pod nie piasku lub płynnej zaprawy cementowej. Silnie opadnięte płyty należy najpierw dźwignąć i umocować w prawidłowym położeniu.

Przy wyborze materiału wypełniającego należy brać pod uwagę przyczyny osiadania płyty. Jeżeli osiadanie następuje pod wpływem działania wody, to puste przestrzenie pod płytą wypełnia się suchym piaskiem. Jeśli użyje się zaprawy cementowej, to ruch na naprawionej części nawierzchni powinien być przez 3 dni wstrzymany.

## h. Nawierzchnia tłuczniowo-cementowa

Nawierzchnia tłuczniowo-cementowa wymaga równie silnego i trwałego podłoża jak nawierzchnia betonowa. Dla średniego ruchu kołowego wystarcza w zupełności grubość 12 cm. Dzięki większej szorstkości możemy dopuszczać spadki podłużne do 10%.

Podłożem może być stara nawierzchnia szosowa (jeśli trzeba) odpowiednio pogrubiona i doprowadzona do właściwego profilu.

Sama nawierzchnia jest typu makadamowego, tzn. składa się z noszącego szkieletu tłuczniowego, którego poszczególne kamienie sklejone są zaprawą cementową. Tworzymy w ten sposób beton tłuczniowy o zawartości cementu co najmniej 450 kg/m<sup>3</sup> gotowej nawierzchni.

Ilość wody dodawana do zaprawy musi ją doprowadzić do stanu plastycznego, lecz tylko w takiej mierze, aby była ona w stanie wciekać do wszystkich pustych przestrzeni szkieletu tłuczniowego. Wskaźnikiem dostatecznej ilości zaprawy użytej do nawierzchni będzie jej wpływanie w formie szlamu na powierzchnię jezdni pod wpływem nacisku kół walca.

Nawierzchnię tłuczniowo-cementową układa się pomiędzy skrajnymi oporami utworzonymi z kostki kamiennej, krawężników kamiennych lub z silnego deskowania. Zasady budowy są takie same jak dla omówionej w poprzednim rozdziale nawierzchni betonowej. Szczeliny poprzeczne należy wykształcać jako szczeliny dylatacyjne na całej grubości nawierzchni w odstępach 15 m.

Zapotrzebowanie materiałów dla jezdni grubości 12 cm jest następujące:

tłuczeń $\varnothing$ 35/55 mm	około 90—120 kg/m <sup>2</sup>
grys 5/12 mm	około 5—10 kg/m <sup>2</sup>
zaprawa cementowa o stosunku 450 kg cementu na 1000 litr. piasku	około 45—55 litrów.

Uziarnienie piasku musi być ustalone próbami przesiewu. Dobre uziarnienie piasku powinno w swoim składzie zawierać około  $\frac{1}{3}$  ziarn 0/1 mm i  $\frac{2}{3}$  ziarn 3/7 mm.

Na podłożu wyrównanym i doprowadzonym do właściwego profilu rozkładamy pierwszą 5—7 cm warstwę tłucznia (rys. 142) o ziarnach 45/65 mm i wałujemy ją walcem wagi 6—9 ton. Po podwałowaniu tłucznia rozścielamy 3—4 cm warstwę zaprawy cementowej, układając na niej niezwłocznie drugą 6-cm grubości warstwę dobrze zwilżonego tłucznia o uziarnieniu drobniejszym 35/55 mm. Należy zwracać uwagę na zachowanie jednakowej grubości obu warstw tłucznia, gdyż tylko w takim wypadku otrzymamy w szkielecie tłuczniowym równomierny rozdział zaprawy. Tłuczeń górnej warstwy powinno się starannie rozkładać, unikając bezładnego rzucania. Do tej czynności wybiera się ludzi wyszkolonych, którzy, posługując się łątą do profilowania i wbitymi na poboczu kółkami niwelacyjnymi, wykonają swą pracę dokładnie i ze zrozumieniem.

Po rozłożeniu wspomnianych warstw rozpoczynamy wałowanie 6—9-tonowym walcem tandemowym, wykonując tę czynność do momentu, kiedy zaprawa cementowa zacznie się wydobywać na powierzchnię jezdni.

Zaprawę cementową, oblepiającą koła walców, zmiatamy szczotkami z powrotem na nawierzchnię. Gniazda, w których nie nastąpiło wydobycie się zaprawy na powierzchnię jezdni, zalewamy plastyczną zaprawą o zawartości 600 kg cementu w 1 m<sup>3</sup> zaprawy, posypując w razie potrzeby grysem 5/12 mm.

Długość jednorazowego odcinka pracy zależy od szybkości wałowania, które musi być ukończone przed początkiem wiązania cementu.

Wprawdzie wykonanie tego typu nawierzchni jest bardzo proste, wymaga jednak dużego doświadczenia.

Na odcinkach drogi narażonych na intensywny ruch pojazdów konnych wskazane jest użycie twardszego tłucznia. Kamień miękki, zużywający się szybciej niż zaprawa cementowa, będzie przyczyną tworzenia się wgłębień okolonych ostrymi krawędziami zaprawy, na których kopyta końskie będą ulegały częstym okaleczeniom.

Pielęgnacja gotowej nawierzchni polega tylko na utrzymaniu jej w wilgotnym stanie przez polewanie wodą; przykrywanie warstwą piasku, jak to się dzieje w nawierzchni betonowej, jest nie tylko zbędne lecz nawet szkodliwe. Okres polewania i terminy otwarcia ruchu są takie same jak dla nawierzchni betonowych.

Naprawa wybojów i uszkodzonych miejsc powinna być przeprowadzana wgłębnie, po wykuciu otworu z ostrymi krawędziami, dokładnym oczyszczeniu, zwilżeniu wodą i wypełnieniu taką samą mieszanką z jakiej wykonana jest naprawiana nawierzchnia. Ubijanie powinno doprowadzić beton do jednakowego poziomu z nawierzchnią.

Grupa robocza, składająca się z przodownika, maszynisty, pomocnika maszynisty, 3 robotników wykwalifikowanych i 8 niewykwalifikowanych może w ciągu 8-godzinnego dnia pracy wykonać 500 m<sup>2</sup> nawierzchni o grubości 8 cm.

Koszt budowy nawierzchni tłuczniowo-cementowej jest o 20—30% niższy od nawierzchni betonowej, natomiast koszt utrzymania i konserwacji o 30—50% wyższy.

#### i. Nawierzchnia z kostki kamiennej

Nawierzchnie te należą do najdroższych w budowie, lecz najtańszych w utrzymaniu i konserwacji. Nadają się dla najcięższego ruchu kołowego i mogą być stosowane na pochyleniach dochodzących do 10% i więcej.

Z uwagi na duży koszt budowy kostkę kamienną stosuje się tylko w wypadkach koniecznych, a więc przy przejściu drogi przez osiedla, na silnie pochylonych partiach drogi, na mostach i wreszcie na łukach o ostrej krzywiznie.

Do wyrobu kostki używa się kamieni twardych jak np. granitu, bazaltu, porfiru itp. Obrzeża i narożniki kostki powinny być ostre, górna zaś płaszczyzna czołowa możliwie równa i płaska.

Do budowy nawierzchni stosuje się 5 gatunków kostki (rys. 143):

1. Kostka zwyczajna. Cała figura kostki powinna się mieścić w prostopadłościanie, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.

Wymiary kostki: 8/8/8, 10/10/10, 12/12/12, 14/14/14, 16/16/16, 18/18/18 cm.

Forma powierzchni górnej czoła powinna przedstawiać kwadrat, dolnej (piętki) czworobok, dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości bocznych ścian do 3 mm, dopuszczalne różnice w wymiarze wysokości do 5 mm, dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości czoła do 2 mm, powierzchnie czoła i piętki muszą być do siebie równoległe.

2. Kostka rzędowa. Cała figura kostki powinna się mieścić w prostopadłościanie, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.

Wymiary kostki: wysokość i szerokość są sobie równe i mogą być: 8/8, 10/10, 12/12, 14/14, 16/16, 18/18 cm. Długość jest zmienna i zawiera się w granicach 0,6 do 2 wymiarów wysokości.

Forma powierzchni górnej powinna wyobrażać prostokąt, dolnej (piętki) czworobok, dopuszczalne różnice w wymiarach wysokości do 5 mm, szerokości (czoła) również do 5 mm.

Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości czoła do 2 mm, ścian bocznych do 3 mm. Długość krawędzi powierzchni piętki może być o 15 mm krótsza od odpowiednich krawędzi czoła. Powierzchnie czoła i piętki muszą być do siebie równoległe.

3. Kostka nieregularna średnia (półkostka średnia). Cała figura kostki powinna się mieścić w prostopadłościanie, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie.

Forma czoła zbliżona jest do czworokąta o kątach nie mniejszych niż 60°. Nachylenie powierzchni czoła w stosunku do piętki nie powinno przekraczać 15°.

Dopuszczalne wypukłości lub wklęsłości ścian bocznych do 7,5 mm, powierzchni czoła do 5 mm.

Spotykane wymiary kostki: wysokość: 8 — 9, 9 — 10, 10 — 11, 11 — 12 cm; szerokość i długość są jednakowe i równe 0,8 do 1,0 wymiaru wysokości.

4. Kostka nieregularna duża (półkostka duża). Cała figura kostki powinna mieścić się w prostopadłościanie, zbudowanym na górnej powierzchni kostki, jako podstawie. Forma powierzchni czoła zbliżona jest do czworokąta o kątach nie mniejszych niż 60°.

Wymiary kostki: wysokość: 15 — 18, 16 — 19, 17 do 20 cm, szerokość i długość są jednakowe i równe 0,8 do 1,0 wymiaru wysokości.

Dopuszczalne wklęsłości i wypukłości oraz wzajemne nachylenie czoła do piętki jak w pkt. 4).

5. Brukowiec. Górna powierzchnia posiada kształt wielokąta, cała kostka powinna się mieścić w prostopadłościanie, zbudowanym na powierzchni górnej, jako podstawie. Powierzchnia piętki nie może być mniejsza niż połowa powierzchni czoła, kąt zaś nachylenia obu powierzchni nie może być większy niż  $30^\circ$ .

Wymiary kostki: wysokość: 15 — 18, 16 — 19, 17 — 20 cm, najwyższy wymiar liniowy czoła powinien zawierać się w granicach 0,7 do 1,2 wymiaru wysokości. Powierzchnia górna powinna wynosić nie mniej niż  $10 \cdot h \text{ cm}^2$  ( $h$  = wysokość kostki).

Dopuszczalne wypukłości i wklęsłości ścian bocznych do 2 cm, powierzchni górnej (czoła) do 1 cm.

Podłoże może być betonowe lub kamienne. W pierwszym wypadku dajemy mu grubość 15 — 20 cm, w drugim co najmniej 20 cm. Bardzo często jako podłoże stosuje się stare nawierzchnie szosowe, uprzednio oczyszczone, doprowadzone do właściwego profilu i dobrze zawałowane.

Krawężnik (rys. 144) stanowi skrajny opór jezdni i służy jako prowadnica przy wykonywaniu nawierzchni. Pierwszą czynnością po przygotowaniu podłoża jest ułożenie krawężnika. Od prawidłowego i starannego wykonania tej pracy zależeć będzie równość przyszłej nawierzchni. Osadzenie krawężnika powinno być mocne z dobrym ubiciem jego zewnętrznej podsypki tłuczniowej. Podłoże naruszone podczas układania krawężnika należy doprowadzić do stanu pierwotnego, a najlepiej naruszone części podłoża wypełnić chudym betonem.

Podsypka rozścielona na podłożu stanowi warstwę pośrednią, w której spoczywa kostka. Istnieją 2 rodzaje podsypki: elastyczna i sztywna.

Na podsypkę elastyczną można użyć żwiru kopalnego o uziarnieniu 0/10 mm z 10% domieszką gliny, lub betonu bitumicznego ze żwiru 0/10 mm, wolnego od domieszek gliniastych. Lepiszczę wprowadzamy w postaci emulsji asfaltowej wolnowiążącej rozcieńczonej 2—3-krotnie w ilości 70 — 80 kg na  $1 \text{ m}^3$  podsypki.

Podsypką sztywną jest beton cementowy ze żwiru 0/10 mm o składzie 1:3 i 1:4.

Na podsypkę nie należy używać piasku. Uziarnienie podsypki powinno odpowiadać krzywej przesiewu (rys. 145).

Układanie kostki — brukowanie. Na gotowym podłożu z wbudowanymi krawężnikami rozścielamy podsypkę warstwą 7—10 cm w stanie luźnym. Grubość warstwy zależy od rodzaju kostki i jakości jej obróbki. Kostkę drobną układa się w łuki lub ukośnie pod kątem  $45^\circ$ , kostkę grubą w rzędy.

Cięciwa łuku wynosi 1 m, strzałka równa jest  $\frac{1}{4}$  długości cięciwy, a więc w tym wypadku 0,25 m. Przecięcie dwóch łuków po-

wino tworzyć kąt prosty. Układanie kostki rozpoczynamy na skrajach jezdni, przyjmując za początek wierzchołek łuku (rys. 146).

Wypukłości luków powinny być zwrócone w stronę wzniesienia drogi, pracę układania prowadzi się również ku górze. Przy nierównomiernych wymiarach kostki większe sztuki układa się środkiem drogi. Spoiny powinny być możliwie najmniejsze. Wysokość układania powinna być co najmniej o 3—5 cm wyższa od poziomu projektowanego, jest to zapas potrzebny na ubicie. Wydajność brukarza układającego wynosi około 2,5 m<sup>2</sup> na godzinę.

Ubijanie kostki. Podsypkę elastyczną ubijamy 3-krotnie, sztywną 2-krotnie. Ubijanie rozpoczynamy dopiero po wypełnieniu spoin płynną zaprawą żwirkową o uziarnieniu 1/6 mm (drobniejsze ziarna należy odsiać) i wtarcu jej szczotkami w spoiny. Po zamuleniu (tj. wypełnieniu) spoin nadmiar zaprawy usuwamy szczotkami.

Lepsza jest zaprawa bitumiczna ze żwirku lub grysu 1/6 mm zmieszanego z 2—3-krotnie rozcieńczoną emulsją wolnowiążącą. Ilość 55% emulsji powinna wynosić około 120 litrów w 1 m<sup>2</sup> kruszywa. Wykonanie zamulania jest takie same jak w wypadku poprzednim.

Można również używać zaprawy cementowej ze żwirku 0/3 mm. Stosunek objętościowy cementu do żwirku 1 : 2.

Pierwsze ubicie, po zalaniu spoin zaprawą, nie powinno być zbyt silne, chodzi bowiem tylko o osadzenie kostki. Po ubiciu uzupełniamy braki w zalewie, używając w tym celu zaprawy nieco rzadszej (rys. 147). Jeśli uzupełnianie okaże się zbędne, wówczas powierzchnię bruku zlewamy wodą (z konewek), szczotką wcieramy zaprawę, oczyszczamy bruk i przystępujemy do ostatecznego ubicia, które powinno doprowadzić nawierzchnię do żądanego poziomu.

Trzecie ubicie stosuje się tylko przy podsypce elastycznej. Po ostatecznym ubiciu jeszcze raz zamulamy spoiny, poczem zmiatamy i oczyszczamy powierzchnię jezdni.

Przy podsypce i zaprawie żwirkowej czas pracy jest nieograniczony; przy bitumicznej ubijanie powinno być ukończone najpóźniej w ciągu 6 godzin, przy cementowej wszelkie prace nie mogą trwać dłużej niż 1,5 — 2 godzin.

Nie wolno pozostawiać nieukończonego bruku na dzień następny. Partie bruku z każdego dnia powinny być oddzielone od siebie szczeliną dylatacyjną, wykonaną z 2—3 warstw papy lub tektury smołowej. Zalewanie szczelin dylatacyjnych, jak również opieka nad brukiem na podsypce i zaprawie cementowej jest taka sama, jak w nawierzchni betonowej.

Grupa robocza składająca się z przodownika, 24 robotników wykwalifikowanych i 8 pomocników może w ciągu 8 godzin wykonać 350 — 380 m<sup>2</sup> bruku.

#### j. Nawierzchnia z klinkieru

Klinkier drogowy jest materiałem zastępującym kostkę kamienną. Wypalany ze specjalnie przygotowanej gliny tworzy materiał o dużej



odporności na ścieranie i bardzo wysokiej wytrzymałości na ściskanie, dochodzącej do 8000 kg/cm<sup>2</sup> (wynik laboratoryjny).

W Polsce produkcja klinkieru obejmowała 4 gatunki, o następujących własnościach:

gat. 1	wytrzym. na ściskanie	900—800 kg/cm	nasiąkliwość	9—7%
gat. 2	„ „	ponad 700	„ „	do 12%
gat. 3	„ „	ponad 500	„ „	do 14%
gat. 4	„ „	poniżej 500	„ „	powyżej 14%

Wymiary klinkieru:

220/100/80 mm

220/100/65 mm

Klinkier dostarczany na budowę powinien być kontrolowany badaniami laboratoryjnymi. W tym celu pobiera się próbki cegieł w ilości jednej na każde 15.000 sztuk, przy czym każde rozpoczęte 15.000 uważa się za pełne 15.000 sztuk, ponadto należy pobrać po 1 sztuce na każde 25.000 sztuk do próby na ścieralność i przesłać do odpowiedniego instytutu badawczego.

**P o d ł o ż e.** Za podłoże dla nawierzchni klinkierowej może służyć:

- makadam ze żwiru, tłucznia, szlaki lub nawet gruzu,
- cegła lub klinkier gorszego gatunku układane na płask,
- nawierzchnia szosowa,
- beton.

Należy zwracać specjalną uwagę na dokładne wyrównanie i wyprofilowanie podłoża, gdyż pod wpływem działania ruchu wszystkie nierówności podłoża pojawiają się niezwłocznie w tych samych miejscach na powierzchni jezdni.

Na gotowym podłożu układamy z kolei dwustronne obramowanie z klinkieru (tzw. ławy), między którym rozścielamy warstwę wyrównawczą z piasku (rys. 148). Zadanie tej warstwy polega na ułatwieniu równego ułożenia klinkieru i filtrowaniu wody, przedostającej się z powierzchni jezdni przez spoiny.

Ławy klinkierowe układane pod sznur z 3—4 rzędów klinkieru na 2—3-cm podsypce piaskowej stanowią prowadnice dla szablonu, według którego rozściela się warstwę wyrównawczą. Ławy powinny być od strony zewnętrznej utrwalone brukiem z kamienia polnego, lub mocno ubitym tłuczniem, na szerokości przynajmniej 30—40 cm. Rozsypany piasek wyrównuje się szablonem przeciąganym po ławach, walując potem lekkim walcem ręcznym o średnicy 70 cm i obciążeniu 3 kg na 1 cm b. szerokości walca. Wszelkie usterki wałowania można poprawiać ręczną klepaczką drewnianą. Podczas wałowania piasek powinien być zwilżony. Dobrze ubity piasek powinien pod naciskiem stopy ludzkiej pozostawiać zaledwie dostrzegalny odcisk obuwia. Wygładzenie warstwy wyrównawczej powinno być wykonane bardzo dokładnie i starannie.

Układanie klinkieru. Układający klinkier stoi na wykonanej partii nawierzchni zwrócony twarzą w stronę postępu robót, a więc odwrotnie niż brukarz pracujący kostką kamienną. Klinkier kładzie się bezpośrednio na warstwie wyrównawczej jedną cegłą obok drugiej, pozostawiając wąskie szczeliny 2 — 8 mm szerokości. Rzędy układanej cegły mogą być prostopadłe do osi drogi, lub skośne pod kątem  $45^\circ$ , kładzione w jedlinkę podłużną albo poprzeczną (rys. 149).

Ułożony klinkier ugniata się lekkim walcem tandemowym (dwukołowym) wagi 3 — 5 ton. Początkowy kierunek wałowania równoległy do osi drogi zmieniamy potem na skośny pod kątem  $45^\circ$  w obie strony. Sześć do ośmiu przejść walca wystarcza, by osiągnąć dobre ugniecenie cegły. Po sprawdzeniu profilu (drewnianą latą 4-metrowej długości) nawierzchni, usunięciu pękniętych cegieł i dokonaniu naprawy miejsc zapadniętych lub wybrzuszonych, jezdnia gotowa jest do zalewania spoin. Naprawa wklęśnięć i wybrzuszeń może być wykonana tylko przez wyjęcie i ponowne ułożenie cegieł. Do wyjmowania uszkodzonych cegieł używamy specjalnych haczyków z cienkiego drutu, aby nie poruszyć sąsiednich klinkierów.

Zalewanie spoin. Do zalewania używa się zapraw bitumicznych lub cementowych. Zalew bitumiczny składa się z mieszaniny asfaltu o penetracji 80/100 z 35 — 40% dodatkiem drobnego piasku przesianego i ogrzanego do temperatury  $150^\circ\text{C}$ . Asfalt podgrzewa się w kotłach przewoźnych do temperatury  $150$  —  $180^\circ\text{C}$ . Kotły pojemności 300 — 1000 litrów powinny być zaopatrzone w termometry. Zamiast piasku może być użyta mączka wapienna lub miał ceglany.

Rozlewanie masy odbywa się ręcznie z zaopatrzonych w duże dzioby blaszanych naczyń o objętości 2 litrów. Większe szczeliny powinno się częściowo wypełnić nagrzanym drobnym grysikiem lub żwirkiem.

Zużycie asfaltu wynosi około  $6\text{ kg/m}^2$  powierzchni klinkieru. Po zalaniu spoin i rozsypaniu cienkiej warstwy piasku nawierzchnia jest gotowa do użytku.

Zalewanie spoin asfaltem na gorąco można przeprowadzać wyłącznie przy sprzyjającej pogodzie. W porach deszczowych i wilgotnych lepiej pracuje się zalewem sporządzonym z mieszaniny piasku z emulsją bitumiczną (patrz nawierzchnie z kostki kamiennej). Rozrobioną z piaskiem emulsję rozlewa się po powierzchni jezdni, rozprowadzając ją po spoinach specjalnymi gumowymi zgarniaczkami. Czynność tę powtarza się aż do zupełnego zapełnienia spoin.

Zalewanie spoin zaprawą cementową o stosunku 1:2 wykonuje się w taki sam sposób jak przy nawierzchniach z kostki kamiennej.

Budowa tego typu nawierzchni jest bardzo prosta, wymaga jednak dużej staranności i dokładności. Do układania cegieł posługujemy się zwykłymi robotnikami, którzy bardzo szybko dochodzą do wprawy.

## ROZDZIAŁ II

### ŚCIEŻKI ROWEROWE

W ostatnich latach, przy silnym rozwoju ruchu kołowego, ruch rowerowy uległ znacznemu zwiększeniu, szczególnie w pobliżu miast i osiedli fabrycznych. Pomnażające się nieszczęśliwe wypadki wywołane najczęściej nieostrożną jazdą rowerzystów, stały się słusznym powodem powstania myśli całkowitego oddzielenia ruchu rowerowego od ruchu innych pojazdów drogowych. W ten sposób powstały:

1. jezdnie rowerowe budowane na torowisku wspólnym z drogą (rys. 150).

2. jezdnie na specjalnym torowisku poza koroną drogi, jako niezależne od drogi ścieżki rowerowe.

Szerokość jezdni jednokierunkowej z możliwością wyprzedzania powinna wynosić 1,10 m, jednokierunkowej dwutorowej 1,30 m, dwukierunkowej dwutorowej 1,60 m i wreszcie dwukierunkowej dwutorowej z możliwością wyprzedzania 2,30 m.

Dla ruchu rowerowego o małym natężeniu można budować ścieżki jednotorowe jednokierunkowe o szerokości 70 cm, przewidując jednak urządzenie z prawej strony pasa szerokości 0,5 m twardego pobocza (rys. 151).

Jeśli jezdnie rowerowe są budowane jako osobne ścieżki, możemy im nadawać spadki niezależne od spadków drogi. Dla zaoszczędzenia kosztów robót ziemnych trasę ścieżki rozwijamy terenowo, unikając wykopów i nasypów.

Podbudowa ścieżek rowerowych może być znacznie słabsza, jednak warunki dobrego odwodnienia muszą być zachowane. Do budowy podłoża może być użyty gorszy materiał jak np. odpadki kamieni, piasek, żwir, gruz ceglany itp. Lekko zawałowane podłoże jest dostatecznym fundamentem dla nawierzchni rowerowej. Nawierzchnia ścieżek rowerowych powinna być równa, gładka, bez szczelin, szorstka i po deszczu szybko schnąca.

Warstwa żwiru lub szlaki jest najprostszym i najtańszym typem nawierzchni rowerowej. W większości wypadków wykonujemy nawierzchnię jako dwuwarstwową, dając na spód materiał o grubszym uziarnieniu. Grubość warstwy spodniej nie przekracza 8 — 10 cm, wierzchniej 4 — 5 cm, Aby zwiększyć własności wiążące materiału kamiennego, mieszamy go z dodatkiem gliny w proporcji wagowej 1 : 5 (1 tona gliny na 5 ton żwiru). Po zawałowaniu lekkim walcem rozsypujemy na nawierzchni żwir o uziarnieniu 1/7 mm i ponownie

wałujemy. W ten sposób otrzymamy lekki typ nawierzchni rowerowej.

Typ cięższy przewiduje wzmocnienie nawierzchni lekkiej powierzchniowym bitumowaniem, albo ułożenie cienkiego dywanika bitumicznego. W ostatnich czasach coraz częstsze zastosowanie znajdują drogie, lecz przez rowerzystów najchętniej widziane, nawierzchnie betonowe.

Przed przystąpieniem do powierzchniowego bitumowania, należy starannie oczyścić powierzchnię jezdni, posługując się zwykłymi szczotkami z piassawy, poczem można rozlewać gorącą smołę (lub płynną na zimno) w ilości 1 — 1,5 kg/m<sup>2</sup>, albo emulsję asfaltową w ilości około 2,5 kg/m<sup>2</sup>.

Dla dróg zamiejskich w zupełności wystarczają nawierzchnie typu lekkiego.

Przykład z rys. 152 podaje przekrój poprzeczny betonowej drogi rowerowej wybudowanej we Flensburgu w Niemczech. Dwumetrowej szerokości i 8 cm grubości płyta betonowa spoczywa na 20-cm podsypce z piasku. Wobec niewielkiej grubości płyty zastosowano pogrubienie jej krawędzi, na słabszych gruntach dawano zbrojenie.

Poprzeczne szczeliny dylatacyjne miały odstęp 10 — 15 m. Do wykonania szczelin zastosowano stalowe wkładki, o wysokości odpowiadającej grubości nawierzchni, ustawiane na wyrównanym podłożu piaszkowym, poczem rozkładano beton. Po ubiciu betonu wkładki zostawały usuwane, a powstałe w ten sposób szczeliny były obrabiane przez wyspecjalizowanych murarzy na wzór podobnych szczelin w zwykłych nawierzchniach betonowych. Po stwardnieniu betonu wypełniono szczeliny bitumiczną masą zalewową. Jeśli podłoże jest przepuszczalne i nazbyt silnie wchłania zalew bitumiczny, można zastosować inny sposób wykonania szczelin: po wyjęciu z betonu stalowej wkładki wsuwa się w szczelinę na całej szerokości jezdni 12-mm drewnianą listwę (uprzednio namoczoną w wodzie). Wysokość listwy odpowiada grubości betonu. Po stwardnieniu betonu specjalnym heblem wycina się górne 3 cm listwy, tj. tyle ile trzeba na zalew bitumiczny. Wadą tego sposobu jest trudność wycięcia wspomnianych 3 cm listwy oraz możliwość uszkodzenia betonowej krawędzi szczeliny.

Do omówionej nawierzchni użyto grubego żwiru 0/30 mm uszlachetnionego 33% dodatkiem podwójnie łamanego grysłu 7/30 mm, oraz cementu w ilości 360 kg/m<sup>3</sup> gotowego betonu.

Najmniejszy promień krzywizny wynosił 20 m bez stosowania krzywych przejściowych. Największa przechyłka wynosiła 30 cm. Podział kierunków ruchu został wyznaczony przez osadzenie w środku nawierzchni ciemno zabarwionych kostek kamiennych.

Dla odwodnienia podłoża zaprojektowano po środku korony ścieżki ceglany sączek  $\varnothing$  10 cm przykryty gruzem z cegły. Głębokość położenia sączka — 30 cm poniżej warstwy piasku. Styki rurek drenarskich przykryte były papą.

Piasek podłoża został ubity i po osadzeniu bocznego szalowania z 6/15-cm drewnianych bali wyrównany i wygładzony drewnianym profilem. Izolacji papierowej nie zastosowano. Po zwilżeniu piaskowego podłoża naniesiono 3-cm warstwę betonu, potem druciane siatki (zbrojenie) 150/15  $\varnothing$  /5 mm i pozostały beton.

Beton ręcznie ubity (ubijakami i belką ubijającą) wygładzony został poprzeczną deską gładzącą. Nadmiar mleka cementowego wydobywającego się na powierzchnię betonu ściągano szeroką szczotką włosianą (szerokość szczotki do 2,0 m).

Ścieżki rowerowe budowane na koronie wspólnej z drogą i w tym samym poziomie, powinny otrzymać zabarwienie, różniące się od koloru jezdni przeznaczonej dla ruchu pojazdów mechanicznych.

Szwajcarski Związek Kolarzy i Motocyklistów zaproponował na terenie Szwajcarii zastosowanie następujących kombinacji barw:

jezdni główna z kostki kamiennej—pas rowerowy: czarny lub z betonu,

” ” czarna (asf. smoła)— ” ” : z betonu,

” ” betonowa — ” ” : czarny

” ” jasny beton — ” ” : beton ciemny lub innego koloru.

Praktyka wykazała, że kombinacji nawierzchni twardych z miękkimi należy unikać, np.: jezdni główna z kostki kamiennej, pasy rowerowe asfaltowe. Inny spólczynnik tarcia obu tych nawierzchni stwarza niebezpieczny moment dla samochodu, wjeżdżającego prawostronnymi kołami z dużą szybkością na odmienną nawierzchnię.

## ROZDZIAŁ III

### DROGI LEŚNE I DLA TRANSPORTU DRZEWA

Włączenie pewnej części obszaru lasu do terenów eksploatacyjnych wymaga następujących ustaleń:

1. Wybór placów składowych, do których dostarczane będzie ścięte drzewo.

2. Zaprojektowanie głównych dróg dowozu drzewa z placów składowych do miejsca dostawy.

3. Rozbudowa sieci dróg bocznych, łączących obszar lasu z głównymi drogami dowozu.

Wybór placów składowych w terenach płaskich powinien przewidywać miejsca pokrywane się ze środkiem ciężkości powierzchni użytkowej. Natomiast w terenie górzystym należy liczyć się z rzeźbą terenu oraz z położeniem dolin. Drogi dowozowe, tak główne jak boczne, powinny możliwie daleko sięgać w głąb dolin.

Wybór rodzaju drogi zależy od warunków terenowych, gatunku transportowanego drzewa, pory roku, w której odbywają się przewozy, oraz od ilości i czasu trwania transportów.

Z technicznych względów długość transportowanego drzewa decyduje o wielkości promieni łuków drogi, podczas gdy ciężar ładunków wpłynie na wybór właściwego pochylenia miarodajnego niwelety oraz na rodzaj i wymiary nawierzchni oraz budowli sztucznych (mosty, przepusty).

W rozbudowie sieci dróg leśnych teren płaski nie przedstawia zazwyczaj większych trudności technicznych. W terenie górskim wzajemny odstęp dróg zależy od pochylenia terenu. Im teren bardziej pochylony, tym mniejszy odstęp dróg. Przystosowanie tychże dróg do transportu samochodowego nastęrcza w terenie górskim również więcej trudności niż w nizinym i płaskim, do tego stopnia, że tylko w rzadkich wypadkach jest ono opłacalne, szczególnie w odniesieniu do sieci dróg bocznych.

Ze względu na opłacalność takiego przedsięwzięcia przystosowanie głównych dróg dowozu dla ruchu samochodowego powinno być przeprowadzone możliwie najtaniej. Ogranicza się ono wyłącznie do łagodzenia krzywizn, niewielkiego zmniejszania pochylenia, wyokrąglenia zmian pochylenia niwelety, stosowania poszerzeń i dobrej widzialności na ostrych łukach. Szerokość jezdni może wynosić nie więcej niż 3,5 — 4 m, jeśli zamiast rowów przewiduje się płytkie ścieki, po których w razie potrzeby, np. w czasie mijania się można przejechać.

Dla mijania się samochodów lub innych szerokich pojazdów należy zakładać specjalne mijanki.

Przekrój drogi leśnej, przebiegającej po stromym stoku, powinien mieć jednostronne pochylenie poprzeczne skierowane w stronę stoku, niezależnie od rodzaju ruchu, jaki odbywa się na drodze.

Jezdnia wykształcana jest zazwyczaj jako wałowana nawierzchnia tłuczniowa. Nawierzchnie ulepszone opłacają się wyłącznie w terenie nizinym, lecz tylko nawierzchnie typu lekkiego jak np. smołowane powierzchniowo.

W wyjątkowych wypadkach bardzo silnego natężenia ruchu, można w terenie górskim stosować nawierzchnię tłuczniowo-cementową.

We wszystkich rodzajach dróg leśnych najważniejszą rzeczą jest wykonanie mocnego i trwałego podłoża kamiennego lub betonowego, zależnie od tego jaki materiał jest na miejscu do rozporządzenia. Korona robót ziemnych powinna być dobrze odwodniona, nawierzchnia powinna mieć dostateczne naświetlenie, ułatwiające schnięcie, pielęgnacja zaś drogi powinna być przeprowadzana starannie i w sposób ciągły.

Na terenach o gruncie gliniastym lub marglistym, ubogim w materiał kamienny, dobre wyniki daje nawierzchnia zwirowo-gliniasta, bardzo rozpowszechniona w Ameryce i Norwegii.

Nawierzchnie zwirowo-gliniaste. Budowa tych nawierzchni wymaga wyszkolonych sił roboczych i współpracy kierownictwa budowy z laboratorium badania właściwości gruntów.

Glina zmieszana z piaskiem i żwirem wykazuje po wyschnięciu właściwości lepiące. Pod wpływem wilgoci wszystkie nawet najdrobniejsze włoskowate pory wypełniają się wodą.

Mieszanie gliny z piaskiem i żwirem powinno się odbywać w takiej proporcji, która by dała możliwie największe zagęszczenie wszystkich ziarek przy jednoczesnym zachowaniu własności lepiących gliny. Od dobrego składu mieszanki zależeć będzie trwałość i wytrzymałość przyszej nawierzchni.

Amerykanie na podstawie długoletniego doświadczenia ustalili krzywe przesiewu dla najwłaściwszego uziarnienia kruszywa. W mieszance należy rozróżnić agregat mineralny zwirowo-piaskowy i zaprawę gliniastą, składającą się z gliny rozrobionej z bardzo drobnym piaskiem. Zadaniem zaprawy gliniastej jest wypełnić wszystkie wolne przestrzenie pomiędzy ziarnami grubszego kruszywa. Krótko mówiąc, zasada jest taka sama jak przy zestawianiu składu betonu.

Według danych amerykańskich około 13% mieszanki zwirowo-piaskowej powinno przechodzić przez sito o oczkach tkanych w wymiarze 0,074 mm, przy czym w zależności od własności podbudowy i ilości drobniejszego uziarnienia cyfra ta może być podniesiona do 20%.

Uziarnienie zaprawy gliniastej powinno przechodzić przez sito nr 200 co najwyżej w ilości 2/3. Oprócz tego muszą być ustalone dane

co do stopnia plastyczności (spółczynnik plastyczności 3 — 8), granicy płynności, stopnia zawilgocenia itp., tak że współpraca z właściwym laboratorium jest nieunikniona i konieczna.

Przed układaniem nawierzchni doprowadza się podtorze do porządku wyrównując i wygładzając je do potrzebnego profilu, po czym rozkłada się warstwę żwiru i piasku (w stosunku poprzednio obliczonym), dodaje glinę i następnie miesza, używając do tego celu maszyn.

Po zwilżeniu wodą następuje ubicie ubijakami i belkami ubijającymi.

W norweskim sposobie budowy nawierzchnia jest dwuwarstwowa, z warstwą górną 4 — 6 cm i dolną 6 — 8 cm, układaną na 20-cm warstwie grubego tłucznia.

O trwałości nawierzchni decyduje staranność i ciągłość robót konserwacyjnych. Usuwanie luźnych kamieni, naprawa wybojów i kolein muszą być rozpoczęte natychmiast, zanim szkody przyjmą większe rozmiary.

W Ameryce do naprawy nawierzchni używa się specjalnych maszyn, wyposażonych w brony, które w miejsce zębów mają wstawione skośne listwy (6 sztuk o skosie 45° w stosunku do osi drogi i siódma nastawiona pod dowolnym kątem). Pierwsze listwy zgarniają luźne kamienie w kierunku środka drogi, ostatnia zsuwa je na pobocze. Brona wlokąc się po powierzchni jezdni wypełnia jednocześnie wszelkie nierówności jak koleiny, wyboje itp. Ciężar brony nie przekracza wagi 1,5 tony.

W wypadku silniejszego zniszczenia nawierzchni i większych nierówności stosuje się równacze ciągnięte przez traktor i zaopatrzone w silny stalowy nóż ustawiony pionowo do powierzchni jezdni i skośnie w stosunku do osi drogi. Wysokościowe położenie noża można regulować dowolnie.

Trwałość takich nawierzchni zależy od rodzaju i natężenia ruchu. W Norwegii oblicza się ją na 10—15 lat, zależnie od sposobu konserwacji. Pod ruchem samochodowym zachowują się te nawierzchnie bardzo dobrze.

Nawierzchnie tłuczniowe. Nawierzchnie te są zazwyczaj walcowane, w wypadku zaś przewidywanego ruchu samochodowego powierzchniowo bitumowane lub wykonywane jako tłuczniówki cementowe.

Szerokość jezdni wynosząca 3 — 4 m na odcinkach prostych poszerzana jest w pobliżu składów drzewa o 1 — 1,5 m, na łukach do 6 m. Długość mijanek 20 m, pochylenia poprzeczne jezdni 4 — 5%, dla nawierzchni bitumowanych do 2%. Na stromych stokach pochylenie poprzeczne jezdni jednostronne w kierunku stoku. Pochylenia podłużne na krótkich odcinkach mogą dochodzić do 8 — 10%, w terenie górskim dla ruchu samochodowego nie więcej niż 12%.

Przechyłki na łukach i serpentynach dla dróg terenów płaskich nie powinny przekraczać 5%, dla nawierzchni smołowych 1,5 — 3%.



Grubość nawierzchni tłuczniowej 10—12 cm przy grubości podłoża z wykładki kamiennej 20—25 cm lub z betonu 10—15 cm.

Szerokość poboczy na nasypach nie powinna być mniejsza niż 50 cm. Szerokość rowów przekroju trapezowego (przekrój trapezowy stosowany wyłącznie w terenie płaskim): górą 60—100 cm, dołem 30—40 cm. Głębokość rowów dostosowywana jest do spadku podłużnego drogi, w każdym wypadku dno rowu należy zakładać o 10 cm niżej od spodu wykładki kamiennej. Najmniejsze pochylenie podłużne rowów — 2‰.

W terenie górzystym zakładamy rowy o przekroju trójkątnym, szerokości 50 cm górą. Z rowów tych, które są zakładane wyłącznie po jednej stronie drogi (od stoku), odprowadzamy wodę w poprzek drogi, zakładając co pewien odstęp rynny skośne do osi drogi, wykonywane z kamienia lub drzewa. Rynny brukowane kamieniem mają szerokość do 2 m i wklęsłość 10—15 cm, rynny drewniane buduje się z dwóch 2—4 cm grubości desek, ustawianych rębem we wzajemnej odległości 8—10 cm. Zamiast desek mogą być użyte okrągłaki  $\varnothing$  10—15 cm. Górne krawędzie rynny powinny znajdować się w poziomie nawierzchni (rys. 153).

Nawierzchnie gruntowe. Nawierzchnie te są bardzo mało wytrzymałe i mogą być stosowane tylko przy lekkim ruchu i na gruntach nie rozmakających (kamienistych lub skalnych).

Szczególną uwagę należy zwracać na odwodnienie drogi gruntowej; w terenie nizinym głębsze rowy, w górskim więcej rynien poprzecznych. Szerokość dróg gruntowych 2,5—3 m, grubość wysutrowania grubą pospółą lub szutrem 15—20 cm. Koleiny, tworzące się pod wpływem działania ruchu, należy uzupełniać dosypywanym szutrem.

Podczas niepogody ruch na drodze powinien być wstrzymany, lub przynajmniej ograniczony.

Nawierzchnie dyłowane. Mają one zastosowanie wyłącznie w terenach mokrych i bagnistych w wypadku gdy rozporządza się dostateczną ilością taniego drzewa.

Dylinę  $\varnothing$  7—12 cm z okrągłaków lub półokrągłaków układa się jedną obok drugiej poprzecznie do osi drogi, łącząc ją w kierunku podłużnym przy pomocy krawężnika z drzewa okrągłego  $\varnothing$  10—15 cm (rys. 154).

Przy bardzo słabych gruntach wzmacniamy powierzchnię, układając pod spodem drewniany ruszt z podłużnic (L) i progów (B)  $\varnothing$  15—20 cm. Odstęp progów 2—4 m. Szerokość drogi 2—3 m równa jest odstępowi krawężników i skrajnych podłużnic. Pokład z dyli przykrywamy warstwą szutru na grubość krawężników.

Lepsze wykonanie nawierzchni dyłowanej pokazuje rys. 155, w którym dylinę układa się znacznie głębiej, aby utrzymać ją w stałej wilgoci, przez co drzewo lepiej się konserwuje. Warstwa szutru musi być odpowiednio grubsza.

Drogi poślizgowe. Największy spadek 8 — 12%, wzniesienia poniżej 5 — 6%. Jednostronny spadek poprzeczny nie mniejszy od 5% powinien być skierowany w stronę stoku.

Na krzywiznach należy budować tzw. odbojnice (rys. 156), przeciwdziałające zsunięciu się drzewa z drogi na stok, lub starać się trasę drogi prowadzić wykopem.

Najmniejszy promień krzywizny (R) drogi zależy od długości transportowanego drzewa (L), rozstawu płóz sań (S) i szerokości drogi (D)

$$R = \frac{L^2}{8 (W - S)}$$

Dla drzewa wlezonego na łańcuchu bezpośrednio po drodze wystarczy promień łuku  $R = 8 \cdot$  długości kłosa.

W zacienionych partiach lasu, na północnych stokach, gdzie można się liczyć z długotrwałym śniegiem, wskazane jest zakładanie najtańszych w budowie dróg poślizgowych. Szczególnie korzystne są one dla lasów wysokogórskich, a zwłaszcza, wtedy gdy ścinanie drzewa odbywa się w okresie letnim.

## ROZDZIAŁ IV

### ZADRZEWIENIE DRÓG, ZNAKI DROGOWE I ZABEZPIECZENIE RUCHU

#### Zadrzewienie dróg

Drzewa przydrożne są podczas mgły lub w nocy doskonałymi wskaźnikami orientującymi pojazdy co do kierunku drogi.

Odstęp pni od krawędzi jezdni powinien wynosić około 1–1,5 m. Wzajemny odstęp drzew, biorąc w rachubę drzewa rosnące obustronnie, nie powinien spadać poniżej 10–15 m — zależnie od gatunku drzew.

Wysokość pnia nie mniej niż 2,5 m, odstęp od zabudowań powyżej 5,5 m, odstęp od linii kanałów lub przewodów gazowych (gdy droga przechodzi przez osiedle) co najmniej 2,5 m. Po wewnętrznej stronie drogi, przebiegającej w łuku, nie sadi się drzew, a to ze względu na zachowanie dobrych warunków widzialności.

Na drogach o nawierzchniach ulepszonych unika się sadzenia niektórych gatunków drzew, jak np. kasztanów, olszyny, gruszy, wierzb i innych, które posiadają właściwość wypuszczania płytkich i grubych korzeni.

Aby nawierzchni umożliwić szybkie schnięcie obcina się gałęzie nadmiernie zacieniające drogę. Na drogach wąskich obsadza się drzewami skraj położony od strony doliny.

Dla lepszej widoczności w nocy, pnie drzew pobiera się wapnem, rozpoczynając malowanie na wysokości 50 cm i doprowadzając je do 120 cm ponad koronę drogi. Jeśli drzewa są grube wystarczy malować prostokąty o wymiarach 70/30 cm tak, aby spód białego pola był umieszczony na wysokości 50 cm ponad drogą.

#### Znaki drogowe i zabezpieczenie ruchu

Przeznaczeniem znaków drogowych jest orientowanie podróżnych i zapewnienie im możliwie największego bezpieczeństwa jazdy. Ponieważ z sieci dróg każdego państwa korzystają pojazdy zagraniczne, wzory znaków są jednolite i odpowiadają normom opartym na wzajemnej umowie międzynarodowej.

Znaki powinny być łatwo dostrzegalne nawet przy dużych szybkościach pojazdów drogowych; ustawianie ich nie może być dowolne, lecz musi odpowiadać przepisom ustalonym na podstawie doświadczeń i obserwacji.

W Polsce sprawa znaków drogowych została unormowana zarządzeniem Ministerstwa Komunikacji z dn. 29 marca 1938 r. nr D.R. 116 — 7/1.

## 1. Znaki rejestracyjne pojazdów mechanicznych

Każdy pojazd drogowy zaopatrzony jest w znak rejestracyjny opatrzony kolejnym numerem rejestracyjnym oraz literami orientującymi o przynależności do państwa i miejscowości.

Znaki rejestracyjne, obowiązujące wewnątrz na terenie każdego państwa, mogą ulegać zmianom, znaki jednak dla ruchu międzynarodowego są niezmiennie, zgodnie z zamieszczonym poniżej wykazem:

Austria	A	Łotwa	LR
Belgia	B	Meksyk	Mex
Brazylia	BR	Monaco	MC
Bulgaria	BG	Niemcy	D
Chile	RCH	Norwegia	N
Czechosłowacja	CS	Panama	PA
Chiny	RC	Paraguay	PY
Dania	DN	Persja	PR
Egipt	ET	Peru	PE
Equador	EQ	Polska	PL
Estonia	EW	Portugalia	P
Finlandia	SF	Rumunia	R
Francja, Alger		Syjam	SM
Tunis i Marokko	F	Stany Zjedn. A.P.	US
Gdańsk	DA	Syria i Liban	LSA
Grecja	GR	Szwajcaria	CH
Guatemala	G	Szwecja	S
Haiti	RH	Turcja	TR
Hiszpania	E	Urugwaj	U
Holandia	NL	Węgry	H
Indie hol.	IN	Wielka Brytania	
Irlandia	SE	i Irlandia Płn.	GB
Indie franc.	F	Aurigny wysp.	GBA
Indie bryt.	BI	Gibraltar	GBZ
Jugosławia	SHS	Guernesej	GBG
Kolumbia	CC	Jersey	GBJ
Kuba	C	Malta	GBY
Lichtenstein	FL		
Litwa	LT	Włochy	I
Luxemburg	L	Z. S. R. R.	SU

## 2. Znaki ostrzegawcze, zakazujące i ograniczające ruch

Znaki ostrzegawcze mają za zadanie zwrócić uwagę kierowcy pojazdu na grożące niebezpieczeństwo i zmusić go tym samym do większej ostrożności jazdy.

Znaki te mają kształt trójkąta o długości boku 80 cm. Obwódka i znaki malowane są kolorem czarnym na żółtym tle tarczy (rys 157).

Znak 1	oznacza:	wygórowane mostki i poprzeczne ścieki przez drogę,
„ 2	„	ostre lub niewidoczne zakręty,
„ 3	„	skrzyżowania i rozwidlenia dróg,
„ 4	„	zamykane przejazdy kolejowe,
„ 5	„	niezamykane przejazdy kolejowe,
„ 6	„	wszelkie inne niebezpieczne miejsca (które nie mogą być wykazane poprzednimi znakami),
„ 8	„	drogę z pierwszeństwem przejazdu.

Znaki ostrzegawcze umieszcza się w odległości 150 m od przeszkody. W razie mniejszej odległości na słupku znaku ostrzegawczego przytwierdza się prostokątną tabliczkę z cyfrą wyrażającą zmniejszoną odległość — znak 7.

Drugą grupę stanowią znaki zakazów i nakazów, odnoszące się wyłącznie do ograniczeń swobody ruchu. Kształt znaków okrągły, obwódki malowane na czerwono, rysunek lub napis na czarno, tło tarczy białe. Średnica tarczy 50 cm, z wyjątkiem znaku 18 (średnica 80 cm) — rys. 158.

#### Objaśnienie znaków:

Znak 1	—	zakaz przejazdu wszelkich pojazdów,
2	—	„ wjazdu przy ruchu jednokierunkowym,
3	—	„ przejazdu samochodów,
4	—	„ „ samochodów ciężarowych,
5	—	„ „ wozów ciężarowych,
6	—	„ „ wozów konnych,
7	—	„ „ wszelkich pojazdów o wadze ponad określoną normę,
8	—	„ przekroczenia określonej normy szybkości jazdy,
9	—	„ „ normy szybkości przez sam. ciężarowe,
10	—	„ przekraczania normy szybkości przez samochody,
11	—	„ zatrzymywania się pojazdów i oczekiwania,
12	—	„ pozostawiania pojazdów dla postoju.
13	—	„ zawracania pojazdu,
14	—	„ używania sygnałów dźwiękowych,
15	—	„ wyprzedzania,
16	—	nakaz kierunku jazdy,
17	—	„ obowiązkowego zatrzymania się przed urzędem celn.,
18	—	„ ruchu prawostronnego na gran. polsko-czechosłow.

Pomiędzy znakiem ostrzegającym przed niezamykanym przejazdem kolejowym (znak 5 z rys. 157) ustawiane są słupki wskaźnikowe (rys. 159), informujące o odległości od przeszkody — jeden skośny pasek oznacza odległość 50 m. Tło wskaźnika białe, obwódka i paski czerwone.

### 3. Tablice orientujące

Podają one nazwy miejscowości, odległości miast lub osiedli, na skrzyżowaniach orientują co do kierunku (drogowskazy) itp. (rys. 160).

Kształt tablic prostokątny, litery i obwódki czarne na żółtym tle tarczy.

Na tablicy przy objazdach, w razie zamknięcia odcinka drogi, należy podawać nazwę miejscowości na drodze częściowo zamkniętej, w której objazd łączy się z drogą, oraz główne miejscowości objazdu. Strzałka narysowana jest w prawo lub w lewo, zależnie od kierunku w którym należy skierować ruch.

### 4. Słupki, poręczce ochronne i inne urządzenia pomocnicze

Płotki przeciwnieźne wysokości nie większej niż 1,30 m są ustawiane w odległości co najmniej 10 m od granicy drogi. W okresie zimowym zabezpieczają one drogę od zawiania śniegiem. Powinny być tak ustawiane, aby na łukach kierowca pojazdu nie miał zmniejszonego pola widzenia.

Poręczce ustawiane są na skrajach korony drogi przebiegającej wysokim nasypem, brzegiem rzeki lub urwistym stokiem. Rys. 161 i 162 pokazują poręczce drewniane z kantówki kwadratowej 18/18 cm lub prostokątnej 15/20 cm do 20/30 cm. Wysokość poręczy ponad jezdnię co najmniej 1,0 m.

Na rys. 163 podana jest konstrukcja poręczy stalowej, której słupki wykonane są z profilów 2-teowych (NP13), pochwyt poręczy z rur gazowych. Zamiast 2-teowników mogą być użyte wyłącznie kątowniki. Słupki poręczowe wpuszczane są w lekkie fundamenty betonowe.

Na drogach górskich bardzo często buduje się masywne poręczce murowane lub betonowe w sposób ciągły lub przerywany (rys. 164).

Na niskich nasypach zamiast poręczy można zastosować słupki ochronne z drzewa, betonu lub kamienia (rys. 165). Ustawia się je w pozycji pionowej lub pochylej, zależnie od szerokości pobocza, w odstępach 5 — 8 m. Na wyższych nasypach odstęp powinien być mniejszy. Pomalowane na biało są w nocy bardzo dobrymi wskaźnikami kierunku drogi.

Znaki odległościowe dla oznaczenia kilometrów i hektometrów wykonywane są z kamieni lub betonu zbrojonego. Malowane na kolor biały z czarnymi cyframi ustawiane są na poboczu w sposób jak najbardziej widoczny.

Stacje benzynowe, garaże i inne budynki drogowe powinno się budować w odstępie co najmniej 2,5 m od skraju nawierzchni.

Na drogach samochodowych dla zwiększenia bezpieczeństwa pojazdów poruszających się z dużą chyżością ustawia się na poboczach większych nasypów poręczce sprężyste metalowe lub drewniane (rys. 166).

Poręcz sprężysta wykonana ze stalowych płaskowników 100 x 12 mm przymocowana jest do drewnianych lub żelbetowych słupków  $\varnothing$  16 (lub 16 x 16 cm) za pośrednictwem sprężystych wsporniczek odchylonych od słupków pod kątem 45°. W konstrukcji drewnianej pas stalowy zastąpiony jest drewnianą kantówką 10/20 cm przytwierdzoną bezpośrednio do słupków, ustawianych w odstępach dwumetrowych.

## 5. Regulowanie ruchu

Sprawa bezpieczeństwa jazdy komplikuje się w miejscach skrzyżowań arterii komunikacyjnych, na których panuje wzmożony ruch. W miastach i na odcinkach podmiejskich wprowadzono regulowanie ruchu. W większości wypadków regulowanie odbywa się ręcznie, zazwyczaj przez policjanta, lub mechanicznie przy pomocy kolorowych światel. Sylwetka policjanta powinna być widoczna ze wszystkich kierunków krzyżujących się dróg; najodpowiedniejszym miejscem jest matematyczny punkt przecięcia się osi dróg. W nocy postać policjanta oświetlona jest snopem padającego z góry światła elektrycznego. W ogólności drogi na odcinkach podmiejskich powinny być oświetlane, co dzięki ostatnim zdobyczom techniki oświetleniowej nie jest trudne ani nazbyt kosztowne.

Przy bardzo silnym ruchu regulowanie ręczne jest niedostateczne i zastępowane regulowaniem mechanicznym przy pomocy kolorowych światel. Ogólnie przyjęto 3 barwy: czerwoną, oznaczającą bezwzględne wstrzymanie ruchu w danym kierunku, pomarańczową, ukazującą się przed otwarciem ruchu dla informacji kierowców, że wkrótce nastąpi sygnał zielony, oznaczający drogę wolną dla ruchu. Światło pomarańczowe zapala się ponownie przed zamknięciem ruchu, co oznacza, że tylko pojazdy znajdujące się na obszarze skrzyżowania mogą jechać dalej, pozostałe powinny bezwzględnie zatrzymać się.

Istnieją 3 systemy włączania sygnałów świetlnych: w pierwszym czynność tę wykonuje policjant usadowiony w wysokiej wieżyczce, z której widoczne jest całe skrzyżowanie, w drugim kolejne zapalanie się światel jest automatyczne, w trzecim wreszcie, ostatnio wchodzącym w użycie, zapalenie sygnału następuje przez samochód, który zbliża się do skrzyżowania. System ten polega na umieszczeniu w jezdni odpowiednich przycisków, które naciśnięte przez koło pojazdu włączają dla siebie zielone światło, zapalając jednocześnie dla kierunków bocznych światła czerwone, blokujące ruch.

## 6. Zabezpieczenie ruchu i znakowanie w czasie wykonywania robót

### a. Przy całkowicie utrzymanym ruchu

Jeśli na drodze prowadzone są drobne roboty naprawcze, ograniczające się do niewielkiej przestrzeni jezdni, jak np. naprawa małych i nielicznych wybojów, czyszczenie studzienki rewizyjnej itp. i jeśli dostateczna

ilość miejsca pozwala na zachowanie ruchu, wówczas na prawym poboczu w odległości 20 m przed przeszkodą ustawiamy znak nakazujący szczególną ostrożność jazdy (rys. 167).

Znak przedstawia biały trójkąt umieszczony na niebieskim tle kwadratowej tarczy. Oprócz tego z lewej strony, tuż obok samej przeszkody, stawiamy w dzień czerwoną chorągiewkę, w nocy latarnię z pomarańczowym światłem.

Jeśli drobne roboty naprawcze obejmują większy odcinek drogi, wówczas na 200 m przed jego początkiem ustawiamy dla obu kierunków ruchu znak 6 z rys. 157 (pionowa kreska na trójkątnej tarczy), a oprócz tego na 20 m przed przeszkodą znak zachowania szczególnej ostrożności.

Na końcu naprawianego odcinka powtarzamy znak zach. ostrożności, zaopatrując go w tabliczkę z napisem „koniec“ (rys. 168).

W nocy każda przeszkoda powinna być oświetlona czerwoną latarnią, znak ostrożności zaś latarnią dwukolorową, rzucającą białe światło na rysunek znaku, pomarańczowe zaś w kierunku nadjeżdżających pojazdów.

#### b. Przy ruchu ograniczonym

Jeśli ze względu na prowadzone roboty drogowe musimy zamknąć dla ruchu część pasa jezdni, to odgradzamy ją barierami poprzecznymi koloru szarego z 20-cm paskami barwy białej i czerwonej 3 pasy białe i 2 czerwone (na zmianę), wymalowanymi w środkowej części bariery.

Obecność barier na drodze sygnalizujemy znakiem ostrzegawczym (z pionową kreską), ustawionym na prawym poboczu w odległości 200 m przed barierą, oraz znakiem zalecanej ostrożności, który przytwierdzamy koło bariery od strony przeznaczonej dla ruchu; w wypadku gdy na wolnej części jezdni przewidujemy zachowanie ruchu dwustronnego, znak zalecanej ostrożności umieszczamy po obu jej stronach, przy czym na odwrotnej jego stronie przybijamy tabliczkę z napisem „koniec“, w niewielkiej zaś odległości przed barierą ustawiamy znak nakazujący zmianę kierunku jazdy (niebieska tarcza z białą strzałką) (rys. 169).

Może się zdarzyć, że wolna część pasa jezdni jest niewystarczająca dla zachowania ruchu dwustronnego, wówczas należy wprowadzić system ruchu wahadłowego, regulowanego odpowiednią sygnalizacją. Dwaj sygnaliści ustawieni po obu końcach odcinka, zaopatrzeni w czerwone chorągiewki, zamykają i otwierają na zmianę ruch dla każdego kierunku.

W nocy należy zastosować sygnalizację świetlną. Znaki nakazujące powinny być oświetlone białym światłem latarni, które w kierunku nadjeżdżających rzucają światło czerwone.

#### c. Przy ruchu zamkniętym (rys. 170)

Ruch na całej szerokości jezdni zamykamy barierami poprzecznymi jak przy ruchu ograniczonym. Na 200 m przed barierami ustawiamy



znak ostrzegający o niebezpieczeństwie (tarcza z pionową kreską), przed samą zaś barierą umieszczamy znak zakazu ruchu dla wszystkich pojazdów (biała tarcza z czerwoną obwódką). O zmianie kierunku ruchu na objeździe informujemy niebieską tarczą z białą strzałką, wskazującą kierunek. Jeśli za objazd służy inna istniejąca droga, wówczas znak zmiany kierunku ruchu jest zbędny, potrzebne są natomiast tablice informacyjne koloru żółtego z czarnymi napisami: — Przejazd zamknięty na km... — Objazd do... (wymienić miejscowość) — przez... (wymienić ważniejsze miejscowości, przez które objazd przechodzi). Wskazane jest oprócz tego wystawienie specjalnej dużej tablicy ze schematycznym szkicem sytuacyjnym zamkniętej drogi, objazdu i główniejszych miejscowości. Tablica powinna być koloru białego, litery czarne. Wskazane jest również wyznakowanie całej drogi objazdowej tablicami z napisem informacyjnym „OBJAZD“ (tło pomarańczowe, litery czarne).

# POLSKIE WYTYCZNE DO BUDOWY DRÓG BETONOWYCH NA ROK 1935 Z UZUPEŁNIENIEM Z R. 1936

## § 1.

Drogami betonowymi nazywać będziemy nawierzchnie z betonu, uzbrojonego lub nieuzbrojonego, który w postaci gotowej mieszaniny zostanie ułożony na miejscu i doprowadzony do stanu ścisłego za pomocą ubijania, względnie w inny odpowiedni sposób.

## § 2. Postanowienia ogólne

1. Projekt techniczny budowy nawierzchni betonowej winien obejmować:

a) dane dotyczące rodzaju i własności podłoża z uwzględnieniem czy nie będzie ono szkodliwie oddziaływało na beton nawierzchni;

b) rysunki, zawierające dokładne przekroje nawierzchni, rozmieszczenie i sposób wykonania szczelin, ewentualnie ułożenie uzbrojenia stalowego, oraz przekroje podłoża z zaznaczeniem sposobu oddzielenia płyty betonowej od podłoża; rysunki winny być zaopatrzone niezbędnymi wymiarami;

c) dokładny opis szczelin i składu mieszaniny wypełniającej szczeliny;

d) dane dotyczące rodzaju, pochodzenia, jakości i stosunku składowych części mieszaniny betonowej (pożądane krzywe przesiewu kruszywa);

e) dane dotyczące ciekłości układanego betonu;

f) krótki opis wytwarzania, przewozu i układania betonu, oraz zabezpieczenia po ułożeniu, z wyszczególnieniem wszelkich przewidzianych dla tych czynności maszyn i urządzeń;

g) próbki materiałów (na specjalne żądanie).

2. Propozycje dotyczące wykonania nawierzchni betonowych sposobem dotychczas niepraktykowanym lub odmiennym od obecnych wytycznych należy technicznie uzasadnić oraz wskazać miejsca dokonywanych prób, jako też podać ich wyniki.

## § 3. Materiały do budowy

1. Cement używany do budowy nawierzchni winien poza przepisami P. N. B. 201 — 204 wykazywać:

a) pozostałość na sicie 4000 nie większą niż 10%;

b) początek wiązania nie wcześniej niż po upływie 2 godzin;

c) wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach nie mniejszą niż 550 kg/cm<sup>2</sup>;

d) wytrzymałość na rozciąganie po 28 dniach nie mniejszą niż 35 kg/cm<sup>2</sup>;

e) dopuszczalne są po wypaleniu dodatki specjalne niezależnie od gipsu w wysokości 5<sup>o</sup>/<sub>o</sub> wagi cementu z tym, że o obecności domieszek będzie poczyniona wzmianka na opakowaniu cementu.

**Pobieranie próbek.** Próbkę cementu należy pobierać w ilości 10 kg z cementu dostarczonego do betoniarki każdorazowo przy wykonaniu próbek betonowych dla badań szczegółowych (par. 11 p. 2).

Każda próbka cementu wraz z protokołem pobrania winna być natychmiast zamknięta w szczelnej puszcze metalowej (bez dostępu powietrza).

Jedna z trzech próbek, pobranych na każde 6000 m<sup>2</sup> nawierzchni betonowej, winna być przesłana do jednego z uznanych zakładów badawczych celem przeprowadzenia przepisanych badań. Pozostałe dwie próbki przechowuje się dla ewentualnej kontroli jakości cementu do czasu otrzymania 28-dniowych (par. 4) wyników badań próbek betonowych wykonanych z tejże partii cementu.

2. Ilość cementu na m<sup>3</sup> gotowego betonu winna wynosić:

a) przy nawierzchni jednowarstwowej 300 — 400 kg.

b) przy nawierzchni dwuwarstwowej:

dla górnej warstwy ścieralnej 350 — 450 kg,

dla dolnej warstwy nośnej 250 — 350 kg,

przy tym, że względu na skurcz betonu, różnica w ilości cementu użytego do obu warstw nie powinna przekraczać 100 kg na 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu.

3. Stosunek wagowy do cementu winien w zależności od sposobu układania leżeć w granicach 0,40 — 0,55 dla warstwy ścieralnej, 0,45 — 0,60 dla warstwy nośnej. Przy nawierzchni jednowarstwowej miarodajną jest granica 0,45 — 0,55. Należy dążyć do osiągnięcia niezbędnej dla ułożenia betonu ciekłości przy użyciu najmniejszej ilości wody. Dla orientacji wskazane jest kontrolowanie ciekłości betonu opadem stożka ze świeżego betonu (P. N. B. — 196, par. 11 p. 4) nie rzadziej niż raz na dobę oraz we wszystkich wypadkach, gdy zachodzi przypuszczenie, że ciekłość uległa zmianie. Opad w żadnym razie nie powinien być większy niż 2 cm.

4. W szczególnych wypadkach (gdy chodzi o konieczność szybkiego oddania nawierzchni do użytku) mogą znaleźć zastosowanie cementy specjalne, zarówno glinowe jak portlandzkie.

W razie użycia cementu glinowego winien on być stosowany zarówno do górnej jak i dolnej warstwy, przy czym część nawierzchni wykonana z cementu glinowego winna być odgraniczona szczelinami od pól nawierzchni wykonanych z cementu portlandzkiego. (Przy zasto-





kg/cm<sup>2</sup> przy  $w_c = 0,50$ . Dla betonu warstwy dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni wytrzymałość ta winna być nie mniejsza niż 30 kg/cm<sup>2</sup>.

5. Ciężar objętościowy betonu winien leżeć w granicach 2,30 — 2,55 mierzony w próbce walcowej o średnicy 16 cm, suszonej w 110°C (przepis ten nie ma znaczenia normy, służy natomiast dla scharakteryzowania należytej ścisłości betonu).

### § 5. Rodzaj nawierzchni

Nawierzchnie mogą być budowane z jednej lub dwóch warstw betonu. Chudy beton użyty tylko do wyrównywania podłoża nie stanowi właściwej nawierzchni i winien być od niej oddzielony warstwą izolacyjną.

Nawierzchnia jednowarstwowa składa się ze specjalnie odpornego na ścieranie betonu z jednorodnego twardego gysu. Beton taki może być również używany do nawierzchni dwuwarstwowych.

Nawierzchnie jednowarstwowe mogą mieć zastosowanie wówczas, gdy jezdnia betonowa ma być ułożona na istniejącej drodze bitej lub brukowanej.

Nawierzchnia 2-warstwowa składa się z dwóch warstw betonu zazwyczaj o różnym składzie. Ażeby warstwy te były należycie zespolone i utworzyły monolit, warstwa górna winna być zabetonowana i ubita niezwłocznie po ułożeniu dolnej warstwy. Taki sam sposób winien być stosowany i w nawierzchniach dwuwarstwowych o jednokowym składzie betonu.

Warstwa górna o grub. nie mniej 5 cm składa się z betonu tłu-stego tj. o dużej zawartości cementu i z twardego gysu, dolna warstwa grubości 10 — 20 cm z betonu chudszego o mniejszej zawartości cementu i z mniej twardego kruszywa o grubszych ziarnach.

Do obu warstw betonu winien być użyty cement bezwzględnie tej samej marki. Nawierzchnie dwuwarstwowe mogą mieć zastosowanie dla jezdni betonowych o słabszym podłożu lub bez podłoża.

Nawierzchnie betonowe obu powyższych typów zazwyczaj stosuje się bez uzbrojenia. Uzbrojenie stalowymi prętami, względnie siatką, znajduje zastosowanie w specjalnych wypadkach, jak np. przy słabym gruncie, przy budowie nowych dróg bez podkładu kamiennego, lub na nasypach itp.

### § 6. Przekrój poprzeczny nawierzchni

Grubość nawierzchni betonowej zależy od sposobu jej wykonania, rodzaju podłoża i rodzaju oraz intensywności ruchu.

Grubość ta nie może być mniejsza:

a) w nawierzchniach układanych na istniejących drogach o mocnym podłożu:

jednowarstwowych — 12 cm  
dwuwarstwowych — 15 cm.

b) w nawierzchniach układanych bez podłoża — 20 cm.

Przy nawierzchniach o grubości wyżej 20 cm, względnie opatrzonych w wystające krawężniki, lub ułożonych na podłożu należycie wyrównanym i skompromowanym, można zachować na całym przekroju jednolitą grubość — w innych wypadkach należy zastosować zgrubienia na brzegach.

W przekroju nawierzchnia jezdni stanowić ma: przy istnieniu szczeliny środkowej dwie symetryczne proste, spotykające się pod bardzo rozwartym kątem; przy nawierzchniach bez szczeliny podłużnej — grzbiet nawierzchni winien otrzymać łagodne zaokrąglenie.

Na łukach poza osiedlami należy stosować jednostronne spadki poprzeczne.

### § 7. Uzbrojenie nawierzchni .

Do uzbrojenia nawierzchni używa się prętów okrągłych, siatki jednolitej lub siatki spawanej, przy niepewnym podłożu można stosować uzbrojenie podwójne (w dwóch warstwach).

Uzbrojenie powinno być wykonane ze stali zlewnej, oznaczonej w PN/H — 210 - nazwą „zwykła stal węglowa A — 35“.

Używanie stali innego gatunku jest możliwe tylko za zezwoleniem urzędu decydującego.

### § 8. Spadki nawierzchni

1. Spadek podłużny jezdni betonowej nie powinien przekraczać przy ruchu mieszanym — 5%,

2. Spadek poprzeczny dwustronny jezdni betonowej na odcinkach prostych poza osiedlami winien wynosić 1,5 — 2%.

### § 9. Szczeliny

Każdą nawierzchnię betonową należy zbudować ze szczelinami, celem przeciwdziałania szkodliwym następstwom naprężeń powstających wskutek skurczu, różnicy temperatur i obciążeń. Wymiary oddzielnych płyt nawierzchni winny być tym mniejsze, im bardziej niepewne jest podłoże, im trudniejszy jest ruch płyty po podłożu, im mniejsza wytrzymałość betonu na rozciąganie, im większe natężenie ruchu i oczekiwane wahania temperatury.

Ze względu na brak dokładnej metody obliczania na razie podaje się następujące wskazówki:

1) Jeźdnie otrzymują: szczeliny poprzeczne, prostopadłe do osi drogi w odstępach od 8 do 12 m; poza tym na początku i przy końcu ostrych łuków oraz nad krawężnikami opór mostowych, jak również z obydwu stron odcinków z przepustami.

Szczeliny podłużne winny być zastosowane już przy 5 metrach szerokości jezdni. Przy szerokości jezdni 9 metrów lub większej, po-

dłużne szczeliny winny dzielić ją na pasy o szerokości 3 — 4,5 m. Szczeliny podłużne należy zapłacić masą elastyczną.

2) Nawierzchnie betonowe na placach należy dzielić szczelinami na poszczególne pola w ten sposób, by w żadnym miejscu nie schodziły się więcej niż 3 naroża sąsiednich płyt, by żaden bok którejkolwiek płyty nie był dłuższy niż 12 m i aby powierzchnie płyt stanowiły najwyżej 30 m<sup>2</sup>.

### § 10. Dodatki do betonu

Wszelkie dodatki, mające wpływać na proces wiązania i twardnienia muszą być należycie wypróbowane i mogą być dopuszczone do użycia jedynie na mocy zezwolenia kierownictwa budowy. To samo stosuje się do dodatków spełniających rolę wypełniaczy, jak również do środków chemicznych używanych do betonowania podczas mrozu.

### § 11. Badania kontrolne betonu

1. Na każde 1000 m<sup>2</sup> powierzchni lub 200 m bieżących jezdni betonowej (przy szerokości jezdni 5 — 6 m), należy zabetonować 2 próbki w postaci beleczek o wymiarach 10 x 15 x 70 cm.

Próbki te należy wykonać w stalowych formach z betonu pobranego bezpośrednio przed ułożeniem go w nawierzchni. Próbki muszą być przechowywane w identycznych warunkach jak i sama nawierzchnia. W 7 dni po zabetonowaniu każdej pary próbnymi beleczek podaje się jedną z nich złamaniu na maszynie, która winna się znajdować na miejscu budowy; druga pozostaje do dyspozycji kierownictwa budowy dla kontroli.

Obliczenie wytrzymałości betonu na zginanie przeprowadza się według wzoru

$$K = \frac{M}{W}$$

Wytrzymałość betonu na zginanie (K) po 7 dniach nie powinna być mniejsza niż 25 kg/cm<sup>2</sup>. Dla betonu warstwy dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni wytrzymałość ta winna być nie mniejsza niż 20 kg/cm<sup>2</sup>.

2. Oprócz opisanych próbnymi beleczek, należy na każde 2000 m<sup>2</sup> powierzchni lub na 333 m bieżących jezdni betonowej (przy szerokości jezdni 5 — 6 m) zabetonować:



Wykonawca ..... dn ..... 19 .. r  
 droga ..... klm .....

PROTOKÓŁ Nr .....  
 sporządzenia próbek betonu

Data wykonania próbek ..... w temp. .... ° C  
 Próbkę należy poddać badaniu po ..... dniach  
 Miejscowość wykonania ..... km ..... hektometr  
 Nazwiska obecnych przy wykonywaniu próbek: 1 .....  
 2 .....  
 3 .....  
 4 .....

Rodzaj i pochodzenie składników betonu:

- a) cement .....  
 b) piasek .....  
 c) żwir .....  
 d) grys .....  
 e) woda .....

Ilość poszczególnych składników na 1 m<sup>3</sup> betonu:

Składniki	warstwy dolnej	warstwy górnej
Cement		
Piasek		
Żwir		
Grys		
Woda		
Stosunek w/c		
Rozplyw		

Ilość wykonanych próbek .....

Oznaczenia próbek na górnej powierzchni. Warstwa dolna .....  
 Warstwa górna .....

Sposób przechowania próbek .....

U w a g i .....

Podpisy .....

Data przeprowadzenia badań ..... miejscowość .....

Rezultaty badań	warstwa dolna	warstwa górna
Wytrzymałość na ściskanie		
Wytrzymałość na zginanie		
Ścieralność na tarczy		
Nasiąkliwość wodą		

Uwagi .....

Badania wykonał: .....

- a) 1 walec o 16 cm (wytrzymałość na ściskanie),
- b) 1 beleczkę 10 x 15 x 70 cm (wytrzymałość na zginanie),
- c) 2 kostki 7 x 7 x 7 cm (ścieralność i nasiąkliwość), celem przesłania tych próbek dla badań szczegółowych do jednego z uznanych zakładów badawczych.

Dla betonu warstwy dolnej przy dwuwarstwowej nawierzchni należy zabetonować próbki wymienione w a) i b).

Wynik ujemny jednej tylko z badanych próbek danej serii przy dodatnich wynikach pozostałych nie dyskwalifikuje betonu, o ile ujemny wynik tej samej kategorii próbek nie powtarza się w ciągu 3 kolejnych seryj, należy wykonać dodatkowe badania bądź przez pobranie prób z wykonanej nawierzchni, bądź z próbek zapasowych.

**UWAGA:** Każdorazowo przy zabetonowaniu próbek należy sporządzić protokół ich wykonania z zaznaczeniem stosunku składników mieszaniny betonowej. Protokół ten powinien być przesłany wraz z próbkami do zakładu badawczego.

## § 12. Przygotowanie i urządzenie miejsca budowy

Cement koniecznie musi być przechowywany w odpowiednio zabezpieczonych od deszczu i wilgoci szopach.

Dostawę wody należy tak zorganizować, aby zapewnić sobie dostateczną ilość przy najszybszej robocie w gorących dniach, tak do wykonania samego betonu jak i do polewania wodą gotowej nawierzchni.

Inne materiały do wyrobu betonu winny być nagromadzone na miejscu budowy w takich ilościach, by w razie wstrzymania ich dostawy betoniarki mogły pracować bez przerwy. Materiały do wyrobu betonu należy możliwie zabezpieczyć przeciwko wszelkim zanieczyszczeniom.

Wskazane jest gromadzić materiały w jednym wielkim składzie przy najbliższej od miejsca budowy stacji kolejowej, albo też urządzić większą ilość małych składów tuż obok każdorazowego miejsca budowy. Tylko w wypadku, gdy żaden z tych dwóch sposobów nie da się zastosować, dopuszcza się składanie materiałów wzdłuż drogi na poboczach lub obok torów kolejki roboczej. W tym ostatnim wypadku należy zwrócić specjalną uwagę na skuteczną ochronę materiałów przed zanieczyszczeniem.

Dostawa materiałów winna być tak zorganizowana, aby kruszywo, cement i woda nadchodziły w określonym czasie do betoniarki, a stąd jako gotowa już mieszanina betonowa do stale posuwającego się odcinka budowy.

Przy dłuższych transportach gotowego już betonu należy zabezpieczyć go przed szkodliwym działaniem słońca, wiatru i deszczu oraz przed rozdzielaniem.

Odległość miejsca wyrobu betonu od najdalszego miejsca układania go należy tak dobrać, aby ułożenie i ubicie betonu mogło być całkowicie ukończone przed początkiem wiązania.

Przy użyciu ubijaków mechanicznych zaleca się mieć w pogotowiu komplet narzędzi do pracy ręcznej, które można by było użyć do należytego komprimowania betonu w razie zepsucia się maszyn tylko dla dokończenia betonowanego pola, w innych zaś wypadkach na wyrażne zarządzenie kierownictwa budowy.

### § 13. Przygotowanie podłoża

Podłoże musi być przygotowane, aby umożliwiło swobodne odkształcanie się na nim płyt betonowych. Szczególnie ważne znaczenie ma należyte odwodnienie podłoża. Im podłoże jest silniejsze i bardziej jednolite, tym mniejsza może być grubość nawierzchni betonowej.

Przy budowie nowych dróg nawierzchnię betonową można ułożyć wprost na dokładnie wyrównanym i należyście skomprimowanym i odwodnionym gruncie. Nie wolno betonować bezpośrednio na gruncie nieprzepuszczającym wody. W tym wypadku zaleca się ułożyć przed tym warstwę odwadniającą odpowiedniej grubości. Przy przebudowie starych dróg tłuczniowych lub ze zwykłego bruku uzyskuje się odpowiedni profil przez użycie chudego betonu, albo też przez rozebranie starej jezdni i ponowne rozsypanie i zawałowanie starego tłucznia z dodaniem nowego, względnie ponowne ułożenie starego bruku.

Jako minimalną grubość podłoża pod nawierzchnię betonową należy uważać bruk lub nawierzchnię tłuczniową o grubości co najmniej 15 cm przy należytych odwodnieniu podłoża.

Wskazane jest przy nawierzchniach betonowych wzmocnienie krawędzi nawierzchni i części poboczy nawierzchnią twardą na szerokości co najmniej 0,5 m z każdej strony.

W wypadku konieczności poszerzenia podłoża, poszerzenie to winno być wykonane z chudego betonu o grubości warstwy nie mniej 15 cm.

Przy użyciu do sprofilowanego podłoża chudego betonu nie ma potrzeby zrywać starej nawierzchni tłuczniowej, a wystarczy oczyścić ją z błota i oddzielnie wystających kamieni. Górną powierzchnię podłoża należy wygładzić i bezwzględnie zabezpieczyć przeciwko możliwości połączenia z nawierzchnią betonową. Do tego celu nadają się powłoki z emulsji asfaltowych, smołowych itp. Powłoki z gliny nie wolno używać. Szczególnie starannie należy przygotować podłoże w miejscach poszerzenia nawierzchni i na łukach. Przed betonowaniem należy podłoże zwilżyć, aby nie wchłaniało potem wody z betonu.

Beton mający służyć do wyrównania podłoża, powinien być układany przynajmniej w 7 dni przed układaniem nawierzchni, aby nie

został uszkodzony przy jej ubijaniu. Podłoże betonowe o grubości ponad 10 cm należy podzielić szczelinami w płaszczyznach odpowiadających szczelinom nawierzchni.

#### § 14. Deskowanie

Boczne deskowanie nawierzchni należy wykonać z drzewa kantowego z nasadzonym lekkim profilem stalowym, albo też całkowicie z grubej blachy o specjalnym profilu. Deskowanie to należy ułożyć na podłożu odpowiednio przygotowanym i zabezpieczyć starannie od przesunięć i odkształceń tak w kierunku poziomym jak i pionowym. Deskowanie należy utrzymać w czystości, a w miejscach zetknięcia z betonem dobrze naoliwić. Zdjęcie deskowania może nastąpić przy odpowiednich warunkach atmosferycznych najwcześniej po 18 godzinach po ukończeniu betonowania; przy tym należy starannie ochronić beton przed uszkodzeniem krawędzi.

#### § 15. Mieszanie i układanie betonu oraz maszyny i urządzenia

Mieszanie betonu winno odbywać się wyłącznie w betoniarkach przy ścisłym zachowaniu ustalonego stosunku składowych części mieszaniny. Betoniarki muszą posiadać urządzenia dla dokładnego odmierzania wody i dostarczać beton starannie wymieszany. Przy wykonywaniu nawierzchni z dwóch warstw betonu o różnym składzie muszą pracować oddzielnie betoniarki dla każdej mieszaniny.

Świeży beton dostarczony na budowę należy rozścielić ręcznie lub mechanicznie i przez odpowiednie ubijanie nadać mu potrzebny profil oraz jak największy stopień skompromowania.

Dwie warstwy betonu w nawierzchni muszą być konieczne układane niezwłocznie jedna po drugiej. Zgęszczenie betonu następuje z reguły przez ubijanie. Beton winien być jednakowo zagęszczony na całej powierzchni. Beton wilgotny może być należycie zagęszczony jedynie przy pomocy ubijaków o małej powierzchni.

Nośna warstwa betonu nawierzchni winna być zatem ubijana przy pomocy ubijaków pneumatycznych, których powierzchnia jest nie większa jak 15 x 15 cm, albo też przy pomocy ubijaczki mechanicznej.

Jeżeli w ścieralnej warstwie stosowany jest beton wilgotny, może być on ubijany bądź w sposób podany wyżej, bądź też przy pomocy ubijaków ręcznych, w razie niemożności zastosowania ubijania maszynowego.

Szczególnie staranne wykonanie zaleca się na krawędziach nawierzchni. Nawierzchnia betonowa, odpowiednio sprofilowana, może być należycie wykończona albo przy pomocy tzw. wykończarki, albo też ręcznie przy pomocy dyli do ubijania. Wykończarki maszynowe nadają się szczególnie dla dróg prostych, posiadających stale ten sam przekrój. Przy drogach miejskich i przy betonowaniu każdej połowy

jezdni oddzielnie wygodniej jest wygładzać warstwę ścieralną ręcznie. Postęp budowy nawierzchni betonowej winien być taki, ażeby odcinek drogi między dwiema szczelinami poprzecznymi był zabetonowany bez przerw w robocie; tym samym przerwy robocze mogą nastąpić tylko przy doprowadzaniu do szczeliny poprzecznej.

## § 16. Układanie uzbrojenia

a) Przy użyciu prętów okrągłych, składanych na krzyż o wielkości oczek 10 — 12 cm zależnie od grubości pręta, należy pręty wiązać na skrzyżowaniach. Jeśli przewidziane jest jedynie uzbrojenie podłużne na krawędziach należy je wykonać z prętów o średnicy co najmniej 16 mm. Inną formę stanowi uzbrojenie w kształcie obramowania płyty prętami o średnicy co najmniej 10 mm, które należy układać w odległości 10 — 15 cm od krawędzi górnej w mniej więcej 1/3 grubości płyty. Uzbrojenie to zabezpiecza naroża i chroni te miejsca, w których najczęściej powstają rysy.

b) Poszczególne pasy siatki jednolitej należy założyć jeden na drugi na szerokość co najmniej 5 cm i związać je ze sobą co pewien odstęp drutem.

c) Siatki stalowe spawane, dostarczane w zwojach przecina się odpowiednio do wielkości pól, łącząc przez nałożenie siatki jednej na drugą na szerokość co najmniej 10 cm.

Uzbrojenie betonu, zwłaszcza na krawędziach, musi posiadać co najmniej 4 cm ochronnej warstwy betonu.

## § 17. Wykonanie szczelin

A. Ogólne wskazówki co do przekroju i wykonania wszelkiego rodzaju szczelin w nawierzchni:

a) szerokość szczeliny powinna być na tyle mała, na ile pozwala jej wykonanie i należyte utrzymanie;

b) powierzchnia betonu winna leżeć po obu stronach szczeliny na jednakowej wysokości, wyrównanie krawędzi szczeliny zaprawą cementową jest niedopuszczalne;

c) krawędzie i naroża płyt od strony szczelin muszą być zaokrąglone;

d) każda szczelina musi być zabezpieczona od niszczenia przez ruch pojazdów przy pomocy masy plastycznej, nieprzepuszczającej wody. Dla umożliwienia ułożenia tej masy w szczelinie winna mieć ona szerokość najmniej 6 mm, a masa winna być założona w szczelinie na głębokość co najmniej 30 mm.

B. Szczegółowe przepisy dla różnego rodzaju szczelin. Szczeliny poprzeczne w zależności od ich przeznaczenia dzielą się na 2 grupy: dylatacyjne i kontrakcyjne.

1. Szczeliny dylatacyjne pozwalają płycie betonowej kurczyć się i rozszerzać w kierunku osi drogi. W tym celu szczelina na całej wy-

sokości płyty winna mieć szerokość od 6 — 13 mm i być prostopadłą do osi drogi.

2. Szczeliny kontrakcyjne umożliwiają tylko kurczenie się płyty betonowej. Mogą one być wykonane w sposób prosty i celowy jak następuje:

a) przy betonowaniu płyt na zmianę, tj. co druga płyta, jako szczeliny ściskane, a to w ten sposób, że płaszczyzny czołowe betonowych płyt wykonane prostopadle do osi drogi powleka się odpowiednim smarem, do których bezpośrednio dobetonowuje się następną płytę. Na powierzchni betonu wykonywa się w tych miejscach rowek, wypełniony następnie masą plastyczną;

b) przy betonowaniu ciągłym szczelina kontrakcyjna może być wykonana w sposób następujący: w warstwie nośnej ustawia się rębem prostopadle do osi drogi deskę drewnianą grubości do 15 mm. Poprzez górną krawędź tej deski, leżącą 6—7 cm poniżej powierzchni drogi, betonuje się bez przerwy.

Dokładnie ponad deską, zanim beton zacznie wiązać, przecina się na powierzchni betonu szczelinę na głębokość 3 cm. W betonie położonym pod tą szczeliną (grub. 4—5 cm) powstaje z czasem mała rysa skurczowa, która łączy górną krawędź deski z wykonaną na powierzchni szczeliną.

Szczeliny podłużne mają za zadanie przeciwdziałać w tworzeniu się rys podłużnych. Szczeliny takie wykonywa się jako szczeliny otwarte, przechodzące przez całą grubość płyty i wypełnione masą plastyczną.

## § 18. Zabezpieczenie świeżego betonu

Po zabetonowaniu każdej płyty, należy ją chronić od deszczu, wiatru i słońca. Do tego celu najlepiej nadają się daszki z płótna nieprzemakalnego. Daszki takie zabezpieczają beton od szkodliwego działania słońca i deszczu, chroniąc jednocześnie krawędź płyt od powstania rys w czasie twardnienia betonu. Należy posiadać tyle daszków, ażeby mogły one ochronić co najmniej nawierzchnię w ciągu ostatniego dnia.

Od końca pierwszego dnia, aż do końca siódmego po zabetonowaniu, należy zabezpieczyć beton przed wysychaniem. Najlepiej daje się to wykonać przez całkowite pokrycie betonu wodą lub stale wilgotną warstwą piasku o grubości 5 cm. Pozostałą część drogi, aż do końca 2 tygodni po zabetonowaniu, winno się w czasie gorących oraz wietrznych dni polewać wodą. W czasie wiązania betonu, przy spadku temperatury poniżej  $-4$  stopni należy stosować środki dla ochrony betonu od działania mrozów. W tym celu należy stosować drewniane ramy, pokryte matami ze słomy, względnie układanie samych mat słomianych. Gdy temperatura spadnie poniżej  $0^{\circ}$  wyrób betonu i samo betonowanie winno być przerwane. Przy użyciu cementu glinowego mogą być podane wyżej terminy odpowiednio skrócone, stosownie do szybszego twardnienia tego cementu.

## § 19. Otwarcie ruchu

Ukończony odcinek nawierzchni może być oddany do użytku do ruchu przy użyciu cementu przepisanego dla betonów drogowych nie wcześniej niż po upływie 3 tygodni, a w porze chłodnej 4 tygodni od czasu zabetonowania ostatniej płyty. Ten okres czasu może być skrócony:

1. przy zachowaniu następujących warunków:

a) jeżeli górny beton ostatniej z betonowych płyt wykazuje wytrzymałość na ściskanie powyżej  $350 \text{ kg/cm}^2$ , a na zginanie powyżej  $40 \text{ kg/cm}^2$ .

b) gdy wszystkie szczeliny są dokładnie wypełnione,

c) gdy nawierzchnia jest oczyszczona z piasku.

2. przy użyciu odpowiednio wypróbowanych cementów specjalnych (glinowych lub portlandzkich).



# SPIS RZECZY

## C Z Ę Ś Ć I

	str.
Rozdział I. ZASADY PROJEKTOWANIA DRÓG . . . . .	4
A. Uwagi ogólne o trasowaniu . . . . .	4
B. Wykształcanie dróg w planie . . . . .	7
1. Promienie łuków i jednostronne pochylenie na- wierzchni w łuku . . . . .	8
2. Poszerzenia w łukach . . . . .	10
3. Krzywe przejściowe . . . . .	10
4. Widoczność boczna w łukach . . . . .	13
5. Serpentyny i tarcze zwrotne . . . . .	14
6. Wstawki międzyłukowe . . . . .	16
C. Wykształcanie dróg w przekroju podłużnym . . . . .	17
1. Wzniesienia i spadki . . . . .	17
2. Łuki pionowe . . . . .	19
D. Wykształcanie dróg w przekroju poprzecznym . . . . .	21
E. Skrzyżowania dróg . . . . .	23
F. Czynniki estetyczne w projekcie drogi . . . . .	24
Rozdział II. WYBÓR TRASY I PROJEKT WSTĘPNY . . . . .	25
A. Przygotowawcze prace techniczne . . . . .	25
1. Studia z mapy . . . . .	25
2. Obejście terenu . . . . .	26
3. Projekt wstępny . . . . .	28
4. Zdjęcie planu warstwicowego . . . . .	28
B. Projektowanie trasy . . . . .	29
1. Linia stałego spadku . . . . .	29
a) na planie warstwicowym . . . . .	29
b) w terenie . . . . .	30
c) przebieg trasy . . . . .	32
d) wkreślanie osi drogi w wielobok linii stałego spadku na planie warstwicowym . . . . .	32
e) wytyczenie zaprojektowanej osi drogi w terenie . . . . .	33
f) pomiar długości i niwelacja drogi . . . . .	34
g) profil podłużny, niweleta . . . . .	35
h) przekroje poprzeczne . . . . .	37
i) obliczenie robót ziemnych . . . . .	37
j) skład projektu szczegółowego . . . . .	37



	str.
Rozdział III. TYCZENIE PROSTYCH I KĄTÓW . . . . .	40
1. Tyczenie prostych i wyznaczanie punktów . . . . .	40
2. Tyczenie kątów, wyznaczanie prostopadłych . . . . .	42
a) bez instrumentu . . . . .	42
b) instrumentem . . . . .	42
3. Pomiar długości . . . . .	43
a) pomiar łąką . . . . .	43
b) pomiar stalową taśmą . . . . .	43
c) pośrednie pomiary długości . . . . .	43
Rozdział IV. TYCZENIE ŁUKÓW . . . . .	46
1. Tyczenie łuku przy pomocy taśmy i węgielnicy lu- sterkowej . . . . .	46
2. Metodą współrzędnych . . . . .	47
3. Metodą przedłużonych cięciw . . . . .	48
4. Kontrola wytyczonego łuku . . . . .	48
5. Tyczenie osi budowli prostopadle do krzywizny łuku w dowolnym punkcie B . . . . .	49
Rozdział V. WYZNACZANIE WYSOKOŚCI POŁOŻENIA PUNKTU . . . . .	50
1. Metoda schodkowa . . . . .	50
2. Niwelacja krzyżami . . . . .	51
Rozdział VI. ROZBIJANIE PROFILÓW POPRZECZNYCH (PROFILOWANIE) . . . . .	52
Profilowanie nasypów . . . . .	53
Profilowanie wykopów . . . . .	54

## C Z Ę Ś Ć II

Rozdział I. BUDOWA I UTRZYMANIE DRÓG . . . . .	58
A. Podbudowa . . . . .	58
B. Budowa wierzchnia . . . . .	58
1. Podłoże . . . . .	59
a. zwirowe lub tłuczniowe . . . . .	59
b. kamienne . . . . .	60
c. betonowe . . . . .	62
2. Nawierzchnie drogowe . . . . .	66
a. materiały nawierzchniowe i ich badanie. Mate- rialny kamienne, cement i beton, bitumiczne ma- terialy wiążące . . . . .	66
b. podział nawierzchni drogowych . . . . .	87
c. nawierzchnie zwirowe . . . . .	88
d. nawierzchnie szosowe . . . . .	89
e. bitumowanie powierzchniowe . . . . .	98

	str.
f. nawierzchnie bitumiczne . . . . .	101
wiadomości ogólne . . . . .	101
bitumowanie wgłębne . . . . .	104
nawierzchnia smołospoinowa . . . . .	105
makadamy bitumiczne . . . . .	106
betony bitumiczne . . . . .	108
1. beton asfaltowy i smołowy beton asfaltowy . . . . .	110
2. beton smołowy i asfaltowy beton smołowy . . . . .	115
asfalt piaskowy . . . . .	116
asfalt lany . . . . .	117
mastyks-makadam . . . . .	119
grysy bitumowane . . . . .	120
dozór i wykonanie prób materiałów na placu budowy dla wszystkich rodzajów naw. bitu- micznych . . . . .	122
błędy wykonania nawierzchni bitumicznych . . . . .	124
utrzymanie nawierzchni bitumicznych . . . . .	125
g. nawierzchnie betonowe . . . . .	128
h. nawierzchnia tłuczniowo-cementowa . . . . .	146
i. nawierzchnie z kostki kamiennej . . . . .	147
j. nawierzchnia z klinkieru . . . . .	150
<b>Rozdział II. DROGI ROWEROWE . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>Rozdział III. DROGI LEŚNE I DLA TRANSPORTU DRZEWA . . . . .</b>	<b>156</b>
Nawierzchnia zwirowo-gliniasta . . . . .	157
Nawierzchnia tłuczniowa . . . . .	158
Nawierzchnie gruntowe . . . . .	159
Nawierzchnie dylowane . . . . .	159
Drogi poślizgowe . . . . .	160
<b>Rozdział IV. ZADRZEWIENIE DRÓG, ZNAKI DROGOWE     I ZABEZPIECZENIE RUCHU . . . . .</b>	<b>161</b>
1. Znaki rejestracyjne pojazdów mechanicznych . . . . .	162
2. Znaki ostrzegawcze, zakazujące i ograniczające ruch . . . . .	162
3. Tablice orientujące . . . . .	164
4. Słupki, poręczce ochronne i inne urządzenia po- mocnicze . . . . .	164
5. Regulowanie ruchu . . . . .	165
6. Zabezpieczenie ruchu i znakowanie w czasie wy- konywania robót . . . . .	165
a. przy całkowicie utrzymanym ruchu . . . . .	165
b. przy ruchu ograniczonym . . . . .	166
c. przy ruchu zamkniętym . . . . .	166
Polskie wytyczne do budowy dróg betonowych na r. 1935 z uzupełnieniem z r. 1936 . . . . .	168



117  
- 236

100

T A B L I C A 6

rzędnych i dla tyczenia łuków kołowych

	Promień łuku R w metrach														
	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40
	długości w metrach														
2	0,25	0,23	0,20	0,17	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08					
3	0,58	0,51	0,46	0,38	0,33	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17				
4	1,07	0,94	0,83	0,69	0,58	0,51	0,45	0,40	0,37	0,34	0,31	0,29			
5	1,76	1,52	1,34	1,09	0,92	0,81	0,71	0,64	0,58	0,53	0,49	0,45	0,42	0,36	0,31
6	2,71	2,29	2,00	1,61	1,35	1,17	1,03	0,92	0,83	0,76	0,70	0,65	0,61	0,52	0,45
7		3,34	2,86	2,25	1,88	1,61	1,42	1,27	1,14	1,04	0,96	0,89	0,83	0,71	0,62
7,5			3,37	2,62	2,17	1,86	1,63	1,46	1,32	1,20	1,11	1,02	0,95	0,81	0,71
8				3,06	2,51	2,14	1,88	1,67	1,51	1,37	1,26	1,17	1,09	0,93	0,81
9					3,28	2,77	2,41	2,14	1,93	1,75	1,61	1,49	1,38	1,18	1,03
10						3,51	3,03	2,68	2,40	2,18	2,00	1,85	1,72	1,46	1,27
15							8,05	6,77	5,91	5,27	4,76	4,36	4,02	3,38	2,92
20										9,39	9,39	8,40	7,64	6,28	5,36
	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	
2															
3															
4															
5	0,28	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	
6	0,40	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06	
7	0,55	0,49	0,41	0,35	0,31	0,27	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	
7,5	0,63	0,57	0,47	0,40	0,35	0,31	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	
8	0,72	0,64	0,54	0,46	0,40	0,36	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,13	0,11	
9	0,91	0,82	0,68	0,58	0,51	0,45	0,41	0,34	0,29	0,25	0,23	0,20	0,16	0,14	
10	1,13	1,01	0,84	0,72	0,63	0,56	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,20	0,17	
15	2,57	2,30	1,91	1,63	1,42	1,26	1,13	0,94	0,81	0,71	0,63	0,56	0,45	0,38	
20	4,69	4,17	3,43	2,92	2,54	2,25	2,02	1,68	1,44	1,26	1,12	1,00	0,80	0,67	



## SPROSTOWANIA I UZUPEŁNIENIA

Str.	wiersz	zamiast	powinno być
9	tabela 1	górski 50 50 25	górski 50 30 25
9	18 od góry	5—7%, zależnie	3—7%, zależnie
9	tabela 2	w całej tabeli powinno być :	R mniejszy od 50 m 7—6, R od 50 - 100 m 6—5 itd.
10	3 od góry	projektowaniu drogi	projektowaniu i budowie drogi
11	30 „ „	zmniejszyć $\varphi$ R.	zmniejszyć $\Delta$ R.
11	40 „ „	$CD = BE = R \sin. \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2}$	$\overline{CD} = \overline{BE} = R \sin. \frac{\alpha}{2} + \frac{L}{2}$
14	7 „ „	zewnątrznej stronie	wewnętrznej stronie
15	4 „ dołu	następnie punkty	następne punkty
16	6 „ góry	zakreślonych 7	zakreślonych z punktu 7
16	9-12 „ „	2,6 1,1 3,3 2,6 i 8,7	$\overline{2,6}$ $\overline{1,1}$ $\overline{3,3}$ $\overline{2,6}$ i $\overline{8,7}$
16	7 „ dołu	zrównanie wszelkich	i zrównanie wszelkich
20	16 „ góry	$T = 2000 (2^{1/100})$	$T = \frac{2000}{2} (1^{1/100})$
20	1 „ dołu	spadków jednokierunkowych	spadków odwrotnych lub różnicy spadków jednokierunkowych
21	12 „ „	zakładanie 30-m.	zakładanie co najmniej 30-m.
24	3 „ „	budowy drogę	budowy, drogę
33	13 „ góry	poczem oznaczenia	poczem następuje oznaczenie
43	5 „ „	D pokrytym	D z pokrytym
43	14 „ dołu	pomiar Pomocnik	pomiar. Pomocnik
46	10 „ góry	niedokładne. Do	niedokładne. Wszystkie podstawowe wielkości łuku należy wyliczać matematycznie. Do
70	tab. 8 5 w. od góry	$\phi$ 25 50 mm	$\phi$ 25 50 mm
76	6 od dołu	do bębna $\phi 1\frac{1}{4}$ .	do bębna $\phi 1\frac{1}{4}$ '.
81	2 „ góry	warunkach traci	warunkach straci
82	13 „ „	średnich gęstych	średnio gęstych
83	12 „ „	min. 30° C	min. + 30° C
84	13 „ „	min. 45° C.	min. + 45° C.
86	4 „ „	się remulgować	się reemulgować
93	3 „ dołu	podaje typ	podaje typy
105	8 „ góry	10—20 ludzi;	18—20 ludzi;
105	31 „ „	tzn. ktedy	tzn. kiedy
105	39 „ „	kamienny 0,5 mm.	kamienny 0—5 mm.
106	9 „ „	o wiskozie 80 125,	o wiskozie 80/125,
115	18 „ „	szlachetnych 2 8	szlachetnych 2/8
115	28 „ „	szlachetnych 2 5	szlachetnych 2/5
115	35 „ „		15—40% asfaltu
117	9 „ dołu	lub 2 10 mm.	lub 2/10 mm.
118	9 „ góry	powinien zawierać	powinien zawierać :
129	8 „ „	zmiękczenia spadków.	zwiększenia spadków.
140	9 „ „	się betonu.	się betonu. Lekki odprysk stworzy dogodne warunki do dalszego psucia się i kruszenia betonu.

BG Politechniki Śląskiej  
nr inw.: 11 - 21543



**Dyr.1 6833**