

IV.

PROJEKTOWANIE DRÓG.

Gdy mamy już określony typ drogi, która ma być budowana, a ogólny jej kierunek jest ustalony czy to przez przestudjowanie map w dużej podziałce, czy też objazd terenu, możemy przystąpić do sporządzenia projektu drogi.

Projektem drogi nazywamy szereg rysunków technicznych i obliczeń, na zasadzie których droga może być wybudowana.

Rozróżniamy *projekty wstępne* i *projekty szczegółowe*, zwane też *wykonawczymi*.

Gdy zamierzona budowa należy do większych, kosztowniejszych, wtedy pożądane jest sporządzenie projektu wstępnego, zwłaszcza gdy możliwe jest pobudowanie drogi w dwóch lub więcej kierunkach, które nazywamy warjantami lub alternatywami: projekt wstępny winien być sporządzony dla kierunku najdogodniejszego, o ile nie ulega wątpliwości, że ten kierunek jest najdogodniejszy; o ile są co do tego wątpliwości, projekt wstępny winien obejmować dwa albo i więcej kierunków. Projekt wstępny przedstawiany jest do zatwierdzenia odpowiednich władz, które wybierają jeden z warjantów.

Na zasadzie zatwierdzenia władz przystępuje się do opracowania projektu szczegółowego (wykonawczego) z uwzględnieniem zmian i uzupełnień, jakie poczyniły władze zatwierdzające.

Bywają jednak wypadki, kiedy opracowanie projektu wstępnego jest zbyt trudne i można od razu przystąpić do opracowania projektu szczegółowego: ma to miejsce wtedy, gdy decyduje o typie drogi i trasie jest wcześniej ustalona, lub gdy zamierzona budowa należy do mniejszych, a opracowanie projektu szczegółowego nie będzie wymagać dużo czasu i kosztów.

Projekt wstępny różni się od projektu szczegółowego mniejszą dokładnością; w wielu wypadkach może być sporządzony na zasadzie map warstwicznych w dużej podziałce, rzadziej na zasadzie pomiarów na gruncie.

Projekt szczegółowy zawsze opiera się na zasadzie pomiarów, przeprowadzonych na gruncie, i powinien być o tyle dokładny, żeby na jego podstawie mogły być wykonywane roboty na gruncie. Pozatem niektóre składowe części (poszczególne rysunki) w projekcie wstępnym w inny sposób będą opracowane niż w projekcie szczegółowym i projekt szczegółowy będzie miał niektóre rysunki, jakich nie będzie zawierał projekt wstępny. Różnice pomiędzy temi projektami będą wskazane dalej.

1. Projekt wstępny.

Projekt wstępny może być opracowany na zasadzie map mniej lub więcej dokładnych danej miejscowości.

Dla ogólnego zorientowania się w kierunku trasy przy dłuższych szlakach, korzystamy z map w podziałce 1:300000 lub lepiej w podziałce 1:100000; te ostatnie mapy posiadają przeważnie warstwicę. Dla nakreślenia trasy korzystamy z map z warstwicami w podziałce większej (1:25000 lub większej). Mapy w podziałce 1:25000 z warstwicami istnieją dla całego prawie terytorjum Rzeczypospolitej z wyjątkiem ziem b. zaboru austriackiego, dla których istnieją mapy 1:25000 bez warstwic z oznaczeniem kreskami rzeźby terenu; w tym wypadku nakreślenie trasy dla projektu wstępnego napotyka na trudności, gdyż mapy takie są mniej dokładne.

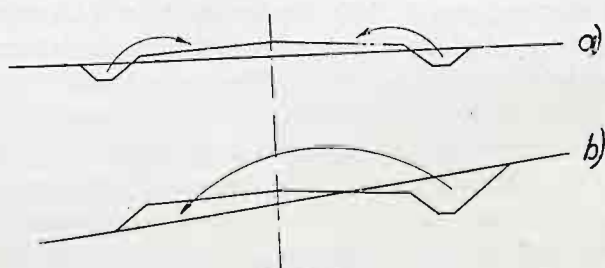
Mapy z warstwicami w podziałce 1:25000 są wystarczające dla projektu wstępnego, jednak ponieważ mogą na poszczególnych arkuszach tych map zdarzać się niedokładności, należy po wykreśleniu trasy zawsze sprawdzić na gruncie, czy niema na mapach niedokładności, któreby wymagały poprawy trasy.

Na terenie bardzo falistym opracowanie projektu wstępnego według map warstwicznych w podziałce 1:25000 wymagać może czasami po wykreśleniu trasy projektowanej drogi na mapie zdjęcia tachymetrycznego pasa szerokości 200 — 300 m z każdej strony trasy na tych odcinkach, gdzie trasa przechodzi przez tereny niezbyt dokładnie przedstawione na mapie (tam, gdzie warstwy są bardzo gęste).

Pas taki zdjęty tachymetrycznie wykreślamy z warstwicami w większej podziałce (np. 1:10000) i na nim trasę drogi. Gdy map z warstwicami w podziałce 1:25000 lub większej nie ma, zmuszeni będziemy do trasowania drogi i do przeprowadzenia potrzebnych pomiarów od razu na gruncie.

Linja stałego spadku.

Przy projektowaniu dróg — zwłaszcza drugorzędnych, które winny być oszczędnie budowane, należy dążyć do tego, aby roboty ziemne były możliwie najmniejsze i jednocześnie drogi miały pewien stały spadek (wzniesienie). Może to być spadek największy dopuszczalny na danej drodze, może to być również spadek mniejszy, niż największy dopuszczalny, co jest więcej pożądane. Najmniejsze roboty ziemne będą wtedy, gdy droga będzie szła w powierzchni terenu, gdyż wtedy roboty ziemne ograniczą się do tak zwanych



Rys. 104.

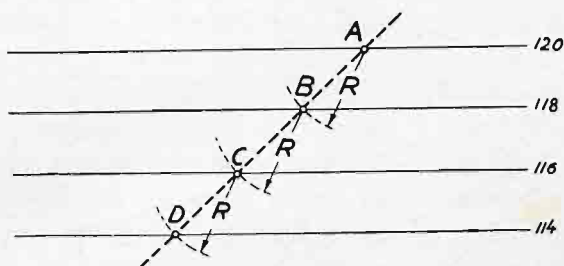
poprzecznych robót ziemnych; ziemia z rowów bocznych wyrzucana jest na koronę drogi i rozrównywana (rys. 104, a); również roboty ziemne będą małe, gdy droga położona jest na stoku (rys. 104, b), t. j. gdy drogę mamy położoną częściowo

w wykopie, częściowo w nasypie (t. zw. poprzeczny przekrój odcinkowy); ziemia z wykopu idzie na nasyp.

Trasę drogi, która przechodziłaby po powierzchni terenu i jednocześnie miała pewien stały spadek, nazywamy linią stałego spadku.

Linję stałego spadku możemy wyznajdywać na mapach warstwicowych lub też wytykać bezpośrednio na gruncie.

Przy wykreślaniu linii stałego spadku na mapie warstwicowej najprostszy wypadek mamy wtedy, gdy powierzchnia terenu przedstawia płaszczyznę pochyloną do poziomu pod pewnym kątem (rys. 105); na mapie mamy wtedy warstwyce



Rys. 105.

w postaci prostych równoległych, położonych w równych odległościach.

Jeżeli spadek na danym odcinku ma wynosić $s\% = 3\%$, a różnica wysokości sąsiednich warstwicy jest $W = 2$ m z punktu wyjścia A zakreślamy łuk koła promieniem

$$R = \frac{W}{\frac{s}{100}} = 100 \cdot \frac{W}{s} = 66,67 \text{ m.}$$

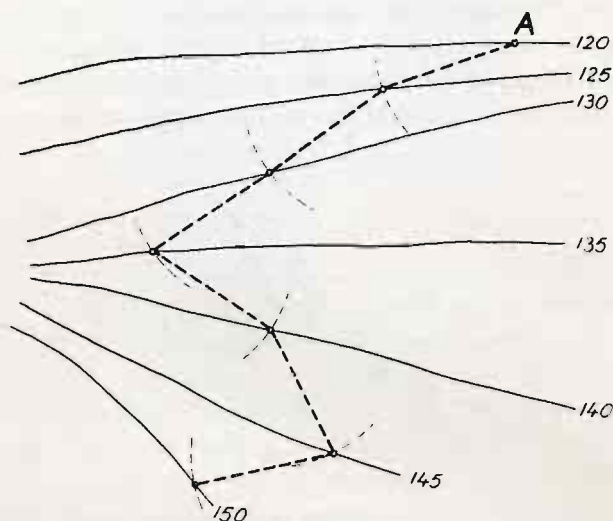
do punktu B przecięcia się tego łuku z sąsiednią warstwicy.

Odcinek AB jest odcinkiem linii stałego spadku, gdyż jeżeli przez AB przeprowadzić płaszczyznę pionową, przetnie ona teren po linii AB mającej równomierny spadek $s\%$. W tym wypadku linia przecięcia się powierzchni pionowej z powierzchnią terenu będzie linią prostą.

Jeżeli z punktu B promieniem długości R zakreślimy łuk (R — nazywamy skokiem z warstwicy na warstwicy), przecię-

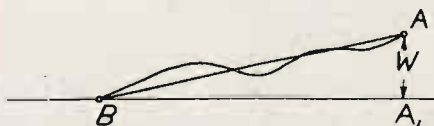
cie się łuku tego z następną warstwicą da nam punkt *C* linii stałego spadku; tym sposobem znajdujemy następne punkty linii stałego spadku, która w tym wypadku, gdy powierzchnia terenu jest płaszczyzną pochyłą do poziomu, stanowi linię prostą.

Gdy warstvice na mapie są linjami równoległymi, ale położonemi w różnych odległościach, lub nie są linjami równole-



Rys. 106.

głemi, linię stałego spadku prowadzimy w taki sam sposób jak poprzednio; otrzymujemy linię stałego spadku w postaci linii łamanej (rys. 106); jeżeli przez elementy linii stałego spadku,



Rys. 107.

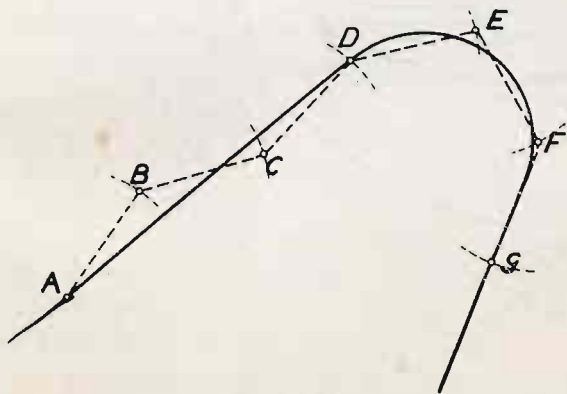
między sąsiednimi warstwicami, przeprowadzimy płaszczyzny pionowe, przetną one teren w linii falistej (rys. 107) leżącej częściowo nad i częściowo pod linią łączącą odnośne punkty linii stałego spadku na sąsiednich warstwicach, gdyż po-

wierzchnia terenu pomiędzy sąsiednimi warstwicami w tym wypadku nie przedstawia płaszczyzny, a jakąś mniej lub więcej nieregularną powierzchnię.

O ś d r o g i.

Linję stałego spadku wykreślamy odcinkami i odcinkami wkreślamy na mapie oś projektowanej drogi, t. j. rzut na powierzchnię poziomą powierzchni pionowej, przechodzący przez środkowe linje (csie) przekrojów poprzecznych. Przy wkreślaniu osi drogi w linię stałego spadku dążyć powinniśmy do tego, aby oś drogi jaknajmniej odchyłała się od linii stałego spadku, gdyż wtedy roboty ziemne będą małe; z drugiej strony oś drogi nie może być linią łamaną, a powinna składać się z odcinków prostych, połączonych odpowiednimi łukami.

Dla wkreślania na planie warstwicowym osi drogi na podstawie linii stałego spadku nie można podać jakichkolwiek prawideł czy przepisów: tereny bywają rozmaite, że w każdym poszczególnym wypadku należy przystosować się do terenu, do czego potrzeba spostrzegawczości i inteligencji technicznej.



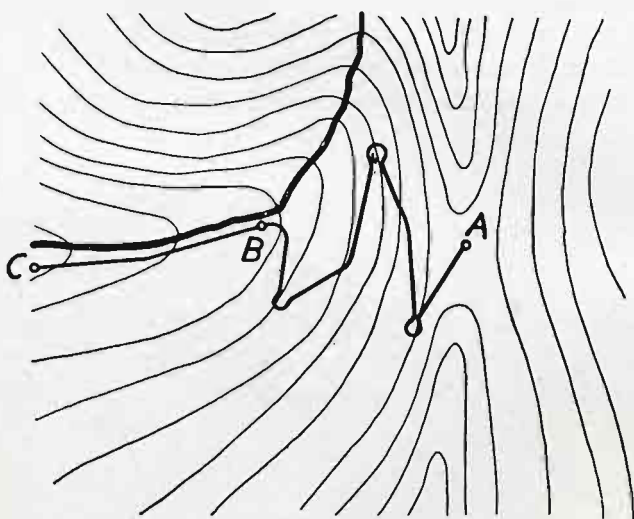
Rys. 108.

Poprzestaniemy na uwagach ogólnych.

Załamy i zakręty linii stałego spadku oś drogi mija przechodząc łukami; z tego powodu oś drogi będzie zawsze nieco krótsza niż linia stałego spadku, i przeto spadek na niej będzie nieco większy, niż na linii stałego spadku (rys. 108).

Jeżeli mamy wytrasować linię stałego spadku pomiędzy dwoma punktami, należy naprzód rozejrzeć się w mapie z warstwicami lub, jeżeli takiej mapy nie posiadamy, objechać miejscowość. Na podstawie ukształtowania terenu wyznaczamy „na oko” przybliżony bieg trasy, oznaczając te punkty, przez które możliwe lub pożądane jest przeprowadzenie trasy (np. przełęcze górskie, najdogodniejsze miejsca na rzekach do budowania mostu i t. p.). Te punkty pośrednie podzielią trasę całą na odcinki mające jakiś odrębny charakter.

Gdy, np., prowadzimy drogę od przełęczy do punktu położonego gdzieś daleko w dolinie (rys. 109), trasa z natury rzeczy podzieli się na dwa odrębne odcinki: 1) od przełęczy *A* do początku doliny *B* — odcinek, na którym trzeba prowadzić drogę z największym dopuszczalnym spadkiem, często w zakosy,

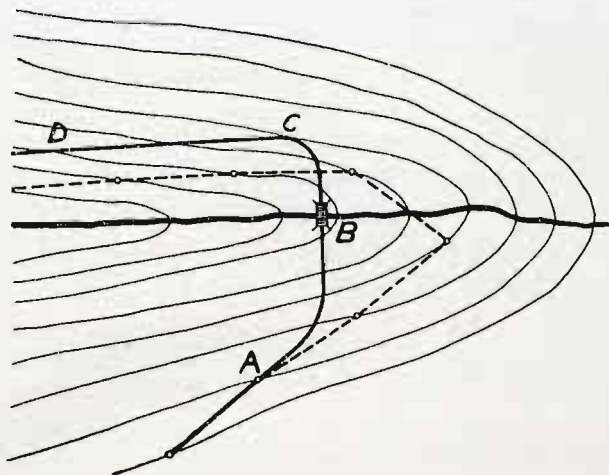


Rys. 109.

i 2) od punktu położonego w dolinie *B* do punktu niżej w tejże dolinie położonego *C* — odcinek typowej drogi dolinowej wzdłuż rzeki o trasie z małym spadkiem, przystosowanym do spadku doliny.

Gdy z linią stałego spadku dojdziemy do rzeki lub potoku, który musi być przekroczony ponad poziomem najwyższym

wody na pewnej wysokości potrzebnej do wybudowania mostu lub przepustu, należy z osią drogi przy przekraczaniu rzeki lub potoku w miejscu przekroczenia odejść od linii stałego spadku (rys. 110 p. A), przekroczyć rzekę czy potok niżej (p. B), aby



Rys. 110.

poziom nawierzchni drogi był ponad poziomem wysokich wód o tyle, aby można było zbudować most lub przepust, poczem trasę od mostu przedłużamy w poziomie lub spadku czy wzniesieniu do przecięcia się z powierzchnią terenu (p. C) i od tego punktu prowadzimy dalej linię stałego spadku w kierunku CD.

Przy wkreślaniu osi drogi w linię stałego spadku staramy się, aby ilość robót ziemnych była jaknajmniejsza, aby nasypy wyrównywały się wykopami, aby tak nasypy jak wykopy były możliwie krótkie i szły naprzemian, co ma duże znaczenie dla ułatwienia i potanienia robót ziemnych.

Czy przez wpisanie osi drogi w linię stałego spadku (przy której roboty ziemne teoretycznie są równe zeru, a praktycznie spowodzają się do wyrzucania ziemi z rowów na koronę drogi) wywołamy potrzebę wykonania wykopu, czy nasypu, z charakteru linii stałego spadku, wpisanej osi drogi i układu warstwicy łatwo można wymiarować.

Należy z zasady unikać dużych wykopów i nasypów na drogach mniej ważnych; jedynie na drogach ważniejszych,

z silnym ruchem może być wskazane stosowanie wysokich nasypów i głębokich wykopów, o ile to wpływa na zmniejszenie kosztów ruchu.

S k ł a d o w e c z ę ś c i p r o j e k t u w s t ę p n e g o .

I-szy załącznik projektu wstępnego. — Trasa drogi oznaczona na mapie lub zdjęciach specjalnych (p. tablica A i B w końcu książki).

Gdy dysponujemy mapami z warstwicami — ustaloną oś drogi wyciąga się na tych mapach kolorem jaskrawym (czerwonym, zielonym, niebieskim), przytem oznacza się kilometry i hektometry, początek i koniec łuków, oznacza się promienie łuków, wreszcie schematycznie oznacza się mosty i przepusty, mury oporowe i t. p.

Tablica A podaje przykład trasy drogi nakreślonej na mapie w podziale 1:25000. Tablica w stosunku do oryginału zmniejszona.

Gdy trasowanie dla projektu wstępnego odbywa się z powodu braku map warstwicowych na gruncie, trasę drogi wytkniętą na gruncie wyrysowuje się w podziale dość dużej (1:25000, 1:10000 i większej) na papierze rysunkowym (tablica B) przytem na rysunku umieszcza się takie szczegóły, które mogą pomóc do odszukania trasy na gruncie; podane więc powinno być położenie reperów t. j. znaków kontrolnych, rozstawionych zwykle co 2 — 3 km wzdłuż trasy i w jej pobliżu, nazwy rzek i potoków, nazwy osiedli i takie ważniejsze szczegóły sytuacyjne z obydwóch stron drogi, które mogą pomóc w odnalezieniu trasy drogi. Niektóre punkty powinny być związane siatką trójkątną z trasą, gdyż wtedy łatwo jest odszukać trasę. O utrwalaniu trasy szczegółowo mowa będzie dalej — przy opisie pomiarów, wykonywanych dla sporządzenia projektu szczegółowego.

II-gi załącznik projektu wstępnego. — Obliczenie zlewni rzek, potoków, kanałów, rowów i t. p. i określenie otworów mostów i przepustów.

Drugim załącznikiem projektu wstępnego, do którego sporządzenia należy przystąpić po ustaleniu trasy drogi, jest obli-

czenie zlewni wszystkich ścieków, przecinających drogę, i ustalenie otworów. Nie jest tu miejsce na przytaczanie różnych teoryj i sposobów; znaleźć je można w szerokim zakresie w specjalnych dziełach hydrotechnicznych ¹⁾. Tu poprzestaniemy na wymienieniu sposobów stosowanych w praktyce.

Droga winna być tak zbudowana, żeby wody atmosferyczne otrzymywane z deszczów (ulew) i śniegów miały zapewniony odpływ; mamy tu na myśli zarówno wody, które spadają na powierzchnię samej drogi, jak wody spływające naturalnymi ściekami (rzekami, potokami), które przecięte zostały plantem drogi. W tym celu budujemy drogę tak, aby miała ona spadki poprzeczne, przy pomocy których wody atmosferyczne spływałyby do rowów odwadniających, zbierających wodę z samej drogi i z powierzchni terenu pobliskiego i odprowadzających do ścieków naturalnych (rzek, potoków i kanałów); przecinane przez trasę drogi ścieki naturalne — rzeki i potoki — oraz sztuczne — kanały i rowy —, wymagają budowy mostów lub przepustów o takich otworach, aby stok wody nie był hamowany.

Cały system odwodnienia drogi — rowy przydrożne, rowy odwadniające, mosty i przepusty, — winien być pobudowany na podstawie obliczeń tak, aby mógł zmieścić te ilości wody, jakie do tych urządzeń mogą napływać. Obliczenia te winny mieć na względzie maksymalne ilości wody, jakie mogą spływać albo w czasie gwałtownego topnienia śniegów na wiosnę albo podczas ulew lub po ulewie.

Obliczenie ilości wody spływającej z pewnej zlewni czy to do rowów odwadniających, czy to do mostów lub przepustów opiera się na różnych wzorach częściowo opartych na założeniach teoretycznych, częściowo na materiałach doświadczalnych.

Obliczenia te ze względu na różnorodność warunków spływu wód atmosferycznych nie zawsze dają dobre wyniki i mogą znacznie różnić się od rzeczywistości. O ile dość dokładne wyniki można otrzymać przy obliczaniu wymiarów rowów przy-

1) Inż. J. Marynowski „Podręcznik do obliczenia światła obiektów drogowych“. Lublin 1926.

drożnych, nie zawsze one będą zadawalniające przy obliczeniu otworów mostów i przepustów, gdyż zlewnie, t. j. obszary, z których spływają wody, mają tak różny charakter pod względem rodzaju gruntu, roślinności, spadków i konturu, że wzory ogólne na obliczenie ilości wody spływającej jest nadzwyczaj trudno dobrze dostosować do każdego poszczególnego wypadku. Największe ilości przepływu wody na jednostkę czasu ze stosunkowo małych zlewni bywają zawsze podczas ulew lub wkrótce po ulewie; przy zlewniach większych największe ilości wód mogą być również w czasie wiosennych roztopów.

Ulewy są mierzone ilością warstwy wody spadłej na powierzchnię terenu, intensywność ich jest mierzona w mm na minutę. Ulewy, których intensywność jest większa niż 2 mm na minutę są rzadkie; pozatem silniejsze ulewy rzadko trwają dłużej niż pół godziny.

Na terenie zlewni jednego ścieku (rzeki, potoku i t. p.) intensywność ulewy może być bardzo nierównomierna; w obliczeniach przyjmuje się, że ulewa jest jednakowej intensywności na całym obszarze zlewni.

Spływ wody odbywa się w różnych warunkach i nie tylko dla różnych zlewni, ale nawet dla poszczególnych części zlewni.

Poważne znaczenie ma rodzaj gleby: o ile grunty, po których woda spływa, są przepuszczalne, wtedy część wód atmosferycznych będzie wsiąkać w glebę, nieraz w bardzo znacznym stopniu; zauważyć należy, że nasiąkliwość glin jest bardzo mała. Stosunkowo mała ilość wody paruje, natomiast dużą ilość wody zatrzymuje roślinność i utrudnia spływ; jej rodzaj i charakter poważnie wpływa na charakter spływania wody ze zlewni.

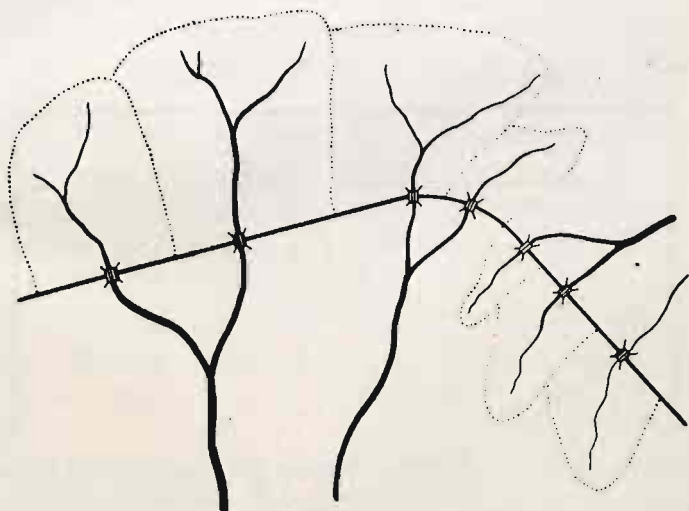
Wreszcie pierwszorzędne znaczenie dla spływu wód ze zlewni ma wielkość spadku doliny zlewni i jej boków. Im spadki te są większe, tem oczywiście gwałtowniejszy spływ wód, gdyż mniejsza ilość wody zdąży wsiąknąć lub wyparować. Pozatem przy mniejszych spadkach dopływ wody rozłoży się na dłuższy okres i ilość przepływu będzie mniejsza. Taki sam wpływ mają również i kontury zlewni. Jeżeli zlewnia ma kontur wydłużony, wtedy spływ wody z ulewy rozkłada się na

okres dłuższy, gdyż do przepustu lub mostu woda dopływa stopniowo.

W celu obliczenia największej ilości wód, jaką przepuścić winny mosty i przepusty, powinniśmy przede wszystkim określić granicę i powierzchnię zlewni dla każdego mostu i przepustu (rys. 111); można to zrobić na podstawie map, przeprowadzając granicę poszczególnych zlewni przez działy wód; gdy map odpowiednich nie posiadamy, nie pozostaje nic innego, jak zdjęcie z natury zlewni — przynajmniej w ogólnych zarysach, wyrysowanie jej i obliczenie powierzchni.

Ilość wody, jaka w czasie ulewy spada na zlewnię może być obliczona łatwo, gdy mamy ustaloną intensywność ulewy: np. jeżeli mamy opad deszczu w wysokości h mm na minutę, wtedy ilość wody spadającej w ciągu sekundy na km^2 zlewni

$$D_{\text{m}^3/\text{sek.}} = \frac{h \cdot 1000 \cdot 1000}{60 \cdot 1000} = 16,667 h \text{ m}^3/\text{sek.}$$



Rys. 111.

Jeżeli powierzchnia zlewni wynosi $S \text{ km}^2$, ilość wody spadającej na sekundę na całą zlewnię

$$F = D \cdot S$$

Jednak do najniższej części zlewni czyli do mostu względnie przepustu dojdzie tylko część spadłej wody, a mianowicie $\beta \cdot F$, gdzie β jest współczynnikiem zmniejszenia odpływu wskutek wsiąkania i parowania wody oraz wskutek wpływu roślinności, jaka jest na zlewni. Z drugiej strony na ilość odpływu ma wpływ konfiguracja i wielkość spadków zlewni; dlatego też ostatecznie największa ilość wody, jaka w ciągu sekundy będzie przepływać przez najniższy punkt zlewni t. j. przez most lub przepust, czyli największy odpływ wody w ciągu sekundy

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot F \quad (1)$$

gdzie α jest współczynnik stoku, zależny od konfiguracji zlewni i jej rzeźby.

Współczynnik α i β są współczynnikami empirycznymi, ustalonymi na podstawie spostrzeżeń. Tak np. w przepisach Min. Komunikacji dla obliczenia otworów przepustów i mostów, określa się dla α i β , następujące wartości.

TABLICA XVIII.

Wartość współczynnika α .

Długość dorzecza km	T e r e n z l e w n i		
	górzysty	pagórkowaty	plaski
1	7,0	5,6	3,5
3	5,8	4,6	2,9
5	4,8	3,8	2,4
7	4,0	3,2	2,0
10	3,0	2,4	1,5
15	2,0	1,6	1,0
18	1,0	0,8	0,5

Uwaga do tabl. XVIII.

a) Wartości pośrednie otrzymuje się przez interpolację liniową.

b) Dla krótkich dolin (do 3 km) o stromych zboczach objętość odpływu winna być zwiększona, zależnie od stopnia przepuszczalności, od 25% do 50%.

c) Dla gruntów bardzo przepuszczalnych objętość odpływu może być zmniejszona od 25% do 50% w zależności od charakteru gruntu.

TABLICA XIX.

Wartość współczynnika β .

Stopień zalesienia zlewni	$\beta =$
0	1,0
$\frac{1}{4}$	0,9
$\frac{1}{2}$	0,8
$\frac{3}{4}$	0,7
1	0,6

Wzór (1) na str. 214 jest odpowiedni tylko dla zlewni stosunkowo małych — o powierzchni 50 — 60 km², gdyż przy takich zlewniach największy odpływ wód mamy wskutek ulew; zlewnie większe od 50 m² dają największy odpływ wody wskutek długotrwałych ulew lub gwałtownego topnienia śniegów. W tym wypadku dla obliczenia ilości przepływu badamy te ilości, jakie przepływają w czasie tak zwanych katastrofalnych wód.

Dla obliczenia ilości przepływu możemy zastosować:

1) Przybliżone obliczenie, na mocy którego ilość odpływu określa się na podstawie powierzchni przekroju poprzecznego spływającej wody (przekroju zwilżonego) i jego formy (konturu) oraz średniej szybkości wody.

2) Obliczenie przybliżone odpływu wielkiej wody na podstawie wielkości zlewni i cech dorzecza na podstawie wzorów doświadczalnych podanych przez Iszkowskiego, Lauterburga i t. p.

1. W wypadku pierwszym musimy przeprowadzać szereg pomiarów przekrojów poprzecznych i szybkości podczas trwania wysokiego stanu wód.

Istnieje szereg przyrządów do mierzenia szybkości wód oraz szereg wzorów i metod do obliczania ilości przepływu wód. Nie zawsze jest możliwe wykonywanie pomiarów podczas trwania wielkich wód, a więc pomiarów przekrojów poprzecznych i szybkości w poszczególnych punktach tych przekrojów.

Z tego względu obliczamy odpływ wody na zasadzie wzoru:

$$Q = F \cdot v \quad (2)$$

gdzie Q — ilość odpływu w m^3/sek , F — powierzchnia przekroju poprzecznego ścieku podczas wysokich wód w danym miejscu, ustalona na zasadzie znaków pozostawionych przez wysokie wody w pobliżu przekroju, v — średnia szybkość wody w przekroju; dla określenia średniej szybkości wody w przekroju istnieje bardzo wiele wzorów doświadczalnych, uzależniających tę szybkość od spadku zwierciadła wody w pobliżu danego przekroju oraz od formy samego przekroju. Większość tych wzorów oparta jest na wzorze de Chezy-Bramsa'a.

$$v = k \sqrt{s \cdot t} \text{ lub } v = k \sqrt{s \cdot r},$$

gdzie v — szybkość średnia wody w m/sek ,
 s — spadek zwierciadła wody w pobliżu przekroju,
 t — średnia głębokość przekroju, jeżeli przekrój jest stosunkowo płaski o małym stosunku głębokości do szerokości $= \frac{F}{L}$ gdzie L — szerokość przekroju.

r — promień hydrauliczny, równy ilorazowi powierzchni przekroju F i zwilżonego obwodu p .

$$r = \frac{F}{p}.$$

k — współczynniki, określone doświadczalnie, dla których istnieją tablice specjalne. Np. tablica XX według Bazina na str. 217.

Wzór prof. M. Matakiewicza.

$$V = 35,4 s^{0,493 + 10 s} t^{0,7},$$

gdzie V — średnia szybkość wody dla danego przekroju, s — spadek zwierciadła wody, t — średnia głębokość. W celu ułatwienia obliczeń istnieją specjalne tablice.

2. Gdy nie mamy danych o przekroju poprzecznym ścieku i spadku, dla celów orientacyjnych można posilkować się

TABLICA XX.

Wartość współczynnika k według Bazin'a.

k_1 dla kanałów o ścianach z kamienia łamanego lub niewyprawionego betonu.

k_2 dla kanałów ziemnych z brukowaniem skarpami.

k_3 dla kanałów i rzek średnio regularnych.

Promień hydrauliczny r	k_1	k_2	k_3	Promień hydrauliczny r	k_1	k_2	k_3
0,05	28,4	18,1	12,8	0,45	51,6	38,4	29,6
0,06	30,2	19,4	13,3	0,46	51,8	38,6	29,8
0,07	31,7	20,6	14,7	0,47	52,0	38,8	30,0
0,08	33,1	21,7	15,5	0,48	52,3	39,1	30,2
0,09	34,4	22,7	16,3	0,49	52,5	39,3	30,4
0,10	35,5	23,6	17,0	0,50	52,7	39,5	30,6
0,11	36,5	24,4	17,7	0,55	53,7	40,5	31,6
0,12	37,4	25,2	18,3	0,60	54,6	41,4	32,5
0,13	38,2	25,9	18,9	0,65	55,4	42,3	33,3
0,14	39,0	26,7	19,4	0,70	56,1	43,1	34,1
0,15	39,7	27,2	19,9	0,75	56,8	43,9	34,8
0,16	40,5	27,8	20,4	0,80	57,4	44,6	35,5
0,17	41,2	28,4	20,9	0,85	58,0	45,2	36,1
0,18	41,8	29,0	21,4	0,90	58,6	45,9	36,7
0,19	42,4	29,5	21,8	0,95	59,1	46,5	37,3
0,20	42,9	30,0	22,3	1,00	59,6	47,0	37,8
0,21	43,5	30,5	22,7	1,10	60,5	48,0	38,8
0,22	44,0	30,9	23,1	1,20	61,3	48,9	39,7
0,23	44,4	31,4	23,4	1,30	62,0	49,8	40,6
0,24	44,8	31,8	23,8	1,40	62,6	50,6	41,4
0,25	45,3	32,2	24,2	1,50	63,2	51,3	42,2
0,26	45,7	32,6	24,5	1,60	63,8	52,0	42,9
0,27	46,1	33,0	24,8	1,70	64,3	52,6	43,6
0,28	46,5	33,4	25,2	1,80	64,8	53,2	44,2
0,29	46,9	33,7	25,5	1,90	65,2	53,8	44,8
0,30	47,3	34,1	25,8	2,00	65,6	54,2	45,3
0,31	47,6	34,3	26,1	2,20	66,4	55,3	46,4
0,32	47,9	34,7	26,4	2,40	67,1	56,2	47,3
0,33	48,2	35,1	26,7	2,60	67,7	57,0	48,1
0,34	48,5	35,4	26,9	2,80	68,2	57,7	48,9
0,35	48,8	35,7	27,2	3,00	68,7	58,3	49,7
0,36	49,2	36,0	27,5	3,20	69,2	58,9	50,4
0,37	49,5	36,3	27,7	3,40	69,6	59,5	51,0
0,38	49,8	36,6	28,0	3,60	70,0	60,1	51,6
0,39	50,1	36,8	28,2	3,80	70,4	60,6	52,2
0,40	50,4	37,1	28,5	4,00	70,7	61,0	52,7
0,41	50,6	37,4	28,7	4,50	71,5	62,1	53,9
0,42	50,9	37,6	28,9	5,00	72,1	63,0	55,0
0,43	51,1	37,9	29,2	5,50	72,7	63,8	56,0
0,44	51,4	38,1	29,4	6,00	73,2	64,6	56,8

Wartości pośrednie można otrzymać przez interpolację liniową.

sposobami obliczenia opartymi na wielkości i charakterze dorzecza.

Istnieje szereg wzorów.

Dość często używany jest wzór prof. Iszkowskiego.

Za podstawę tego wzoru przyjęto średni atmosferyczny odpływ wody Q_0 m³/sek.

$$Q_0 = \frac{1.000.000 \cdot C_h \cdot h \cdot P}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,03171 \cdot C_h \cdot h \cdot P,$$

gdzie h — wysokość warstwy średniego rocznego odpływu,

C_h — współczynnik odpływu,

P — powierzchnia dorzecza w km²;

Z powyższego założenia:

1. Absolutnie najmniejszy odpływ $Q_1 = 0,2 \cdot \nu \cdot Q_0$,

2. Średnio arytm. odpływ z najmniejszych odpływ. z szer. lat $Q_2 = 0,4 \cdot \nu \cdot Q_0$.

3. Odpływ w normalnym roku najdłużej trwający $Q_3 = 0,7 \cdot \nu \cdot Q_0$.

4. Odpływ największej wody $Q_4 = C_m \cdot \mu \cdot h \cdot P$,

gdzie μ — moduł dorzecza

ν — współczynnik jakości i wielkości dorzecza

C_m — współcz. odpływu zależny od przepuszczalności terenu ¹⁾).

Wzór Dr. inż. A. Pareńskiego, przystosowany do różnych charakterów zlewni w różnych miejscowościach Polski daje dobre rezultaty przy umiejętnem jego stosowaniu.

Dr. inż. A. Pareński dzieli rzeki na dwie grupy A i B w zależności od ich charakteru.

Dla grupy A podaje wzór $Q = m \cdot P^{3/5}$ m³/sek.

Dla grupy B $Q = m \cdot P^{2/3}$ m³/sek.

gdzie Q — ilość odpływu, P — powierzchnia zlewni zmierzona na mapie, m — współczynnik wybierany z tabl. XXI, a charakteryzujący opad, topografię i przepuszczalność.

1) Szczegóły zastosowania wzoru p. str. 93 i nast. „Podręcznika do obliczania otworów obiektów dróg“ inż. J. Marynowskiego.

TABLICA XXI.

wartości współczynnika m dla powierzchni
dorzecza od 1 do 500.000 km².

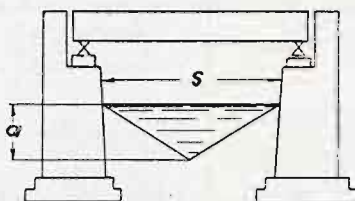
Rzeki	Kategorie	Topografia dorzecza	Powierzchnia dorzecza w km ²						
			1	10,000	20,000	50,000	100,000	200,000	500,000
Grupa A — początek w górach	I	Góry od 1500 m. nad poz. morza .	2,0	20,60	20,20	19,00	17,00	13,00	1,00
	II	Góry od 1000 m. do 1500 m.	18,6	18,25	17,90	16,84	15,10	11,56	1,00
	III	Góry od 500 m. do 1000 m.	16,4	16,09	15,78	14,86	13,32	10,24	1,00
	IV	Przedgórza do 500 m.	14,3	14,03	13,77	12,97	11,64	8,98	1,00
	V	Pagórki	12,5	12,27	12,04	11,35	10,20	7,90	1,00
	VI	Płaskizny	11,0	10,80	10,60	10,00	9,00	7,00	1,00
	VII	Płaskizny bagniste	10,0	9,82	9,64	9,10	8,20	6,40	1,00
Grupa B — początek na równinach	V	Jak VII A	3,5	3,45	3,40	3,25	3,00	2,50	1,00
	VI	Jak VI A	2,0	1,98	1,96	1,90	1,80	1,60	1,00
	VII	Jak V A	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Wartości podane w tablicy są wartościami średnimi, należy stosować je przy średnioprzepuszczalnym dorzeczu ¹⁾.

Obliczenie światła mostów i przepustów. Gdy określimy w taki lub inny sposób największą ilość odpływu w m³/sek, możliwą dla danej zlewni, światło mostów i przepustów możemy obliczyć na zasadach następujących:

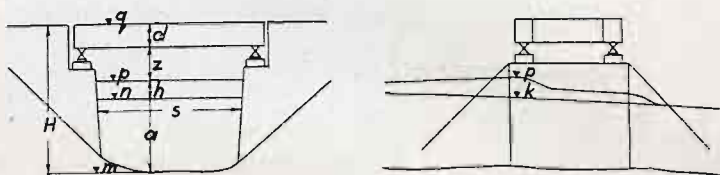
¹⁾ Szczegóły stosowania wzoru inż. dr. A. Pareńskiego p. Czasopismo techniczne 1925 r. str. 273 lub Podręcznik do obliczania światła obiektów mostowych inż. J. Marynowskiego str. 89 i nast.

1. Obliczenie otworów małych mostów oraz przepustów. Gdybyśmy otwór mostu lub przepustu dali taki, że równy byłby szerokości ścieku S , wtedy odpływ wody byłby pod mostem zupełnie nieskrępowany (rys. 112).



Rys. 112.

W rzeczywistości dajemy otwory zwężone. Dla projektu drogi należy obliczyć z jednej strony najmniejszy dopuszczalny otwór S i wysokość nasypu H (rys. 113) nad dnem ścieku w założeniu:



Rys. 113.

1) że odpływ wody nie jest wstrzymany t. j. że otwór mostu zdolny jest do przepuszczenia całej ilości dopływającej wody Q m³/sek.

2) że szerokość mostu lub przepustu jest znaczna w stosunku do jego światła; ma to miejsce w małych mostach i przepustach drogowych, gdyż korona drogi rzadko jest węższa niż 6 — 8 m. W takich warunkach może być zastosowany, np., wzór Bress'a:

$$S = \frac{Q \cdot g}{\rho \cdot v_0^3}$$

w który S — oznacza światło w m

Q — odpływ w m³/sek

v_0 — przeciętna dopuszczalna szybkość w moście lub przepuszcie m/sec.

μ — współczynnik zależny od kształtu ścian czołowych przy-
czółków, a mianowicie: $\mu = 0,9 - 0,95$ dla mostów i prze-
pustów ze stożkami nasypowemi lub ze skrzydłami pod kątem
do osi mostu lub przepustu.

$\mu = 0,8$ dla mostów bez stożków i przepustów ściętych
w płaszczyźnie skarp lub bez skrzydeł skarpowych pod kątem
do osi przepustu.

$\mu = 0,75$, gdy końce przepustu wystają poza skarpe nasy-
pu i t. p.

Szybkość v_0 dopuszcza się w zależności od szybkości do-
puszczalnej ze względu na rodzaj gruntu dna mostu lub prze-
pustu lub rodzaju jego umocnienia, jeżeli umocnienie takie
jest zamierzone. Minist. Komunikacji dopuszcza szybkość v_0
w granicach następujących według tablicy XXII.

TABLICA XXII.

Granice średniej szybkości przepływu dla
różnych rodzajów względnie różnych sposobów
wzmocnieniałożyska.

Rodzaj i sposób wzmocnienia	Dopuszczalna średnia szybkość v_0 m/sek.
1. Drobnny piasek lub ziemia nawiana	0,3 — 0,5
2. Gruby piasek, glina, torf zbity	1,0 — 1,2
3. Zbity piasek, glina, drobnny żwir	1,5
4. Gruby żwir lub il zwięzły	1,8
5. Grunt kamienny lub wzmocniony brukiem pojedynczym	2,5
6. Grunt skalisty lub wzmocnienie brukiem podwójnym	3,0
7. Lita skała — zależnie od twardości	3,5 — 6,0
8. Koryto wykładane kamieniem	4,5

Szybkość rzeczywista na dnie będzie mniejsza niż przecięt-
na v_0 z tablicy XXII; szybkości w tablicy XXII są tak obli-
czone, aby nie było wymywania dna.

Porządek obliczenia otworów małych mostów i przepustów jest następujący:

Jeżeli poziom wielkiej wody nie da się ustalić bezpośrednio na gruncie (np. na podstawie pozostałych znaków lub wskazań wiarygodnych osób), wówczas oznacza go się w przybliżeniu i sprawdza. Jeżeli ustalony w ten sposób poziom o wysokości h (rys. 111) daje powierzchnie przekroju odpływu F m² i zwilżony obwód p), co się ustala po wyrysowaniu przekroju, promień hydrauliczny $r = \frac{F}{p}$.

Dla przekroju według wzoru Chezy - Brams'a średnia szybkość odpływu

$$v = k \sqrt{r \cdot s},$$

przytem k bierzemy z tablicy XX (str. 217), a s spadek zwierciadła wysokiej wody w pobliżu przekroju, który do pewnego stopnia może być określony niwelacją zwierciadła zwykłej wody na 200 — 300 metrów w dół i w górę od przekroju.

Jeżeli iloczyn $v \cdot F = Q$ obliczonemu dla danej zlewni lub różni się nie więcej od Q niż o 5%, przyjęty poziom h można uważać za właściwy.

Z profilu poprzecznego określamy największą głębokość a (wysokość m). Na wysokości m zakładamy dno przepływu, względnie umacniamy go.

Z tablicy XXII (str. 221) przyjmujemy średnią dopuszczalną szybkość w moście lub przepuście v_0 m/sek, w zależności od rodzaju dna przepustu lub jego wzmocnienia.

Potrzebny przekrój przepływu $F_0 = \frac{Q}{p \cdot v_0}$ m², gdzie p — przyjmuje się zależnie od kształtu czołowych ścian przyczółka od 0,75 do 0,95 (p. str. 221).

Szerokość otworu (światło) przy otworach prostokątnych

$$S^1 = \frac{F_0}{a} m.$$

Szerokość S^1 zaokrąglamy wzwyż do całych m lub zależnie od istniejących typów przepustów lub mostów.

Jeżeli przyjęto światło = S m, dla tego światła, średnia
 szybkość $v_0 = \frac{Q}{a \cdot S}$.

Powierzchnia przekroju $F_0 = S \cdot a$.

Obwód zwilżony $p_0 = S + 2a$.

Promień hydrauliczny $r = \frac{F_0}{p_0}$.

Spadek dna przy dłuższych przepustach

$$S_0 = \frac{v_0^2}{k_2 \cdot r_0},$$

gdzie k — współczynnik wzięty z tablicy XX.

Śpiętrznie u wlotu do przepustu (pierwsze przybliżenie)
 (pomijamy wyprowadzenie wzoru Bernouille'go).

$$h' = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}.$$

Jeżeli szerokość spiętrzenia na podstawie wyrysowanego
 profilu poprzecznego jest b m, szybkość spiętrzonej wody
 u wlotu do przepustu

$$v_1 = \frac{Q}{F + b h'}.$$

Dokładna wartość spiętrzenia:

$$h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g}.$$

Jeżeli spiętrzenie to jest dopuszczalne ze względów tere-
 nowych — t. j. nie czyni szkody, światło otworu jest wystar-
 czające. Spiętrzenie jest tylko przed mostem, poza mostem
 znika.

Ponad poziom spiętrzenia (wysokość p) projektujemy tak
 most lub przepust, aby między dolną krawędzią było jeszcze
 $z = 0,50$ do $1,0$ m wolnej przestrzeni. Jeżeli do z dodamy gru-
 bość konstrukcji mostu lub przepustu wraz z jezdnią, otrzy-
 mamy wysokość q , do której winien być podniesiony poziom
 nasypu.

W taki sposób określona będzie wysokość H ponad dnem
 ścieku.

Inaczej oblicza się taki przepust, przy którym spiętrzone wody sięgają powyżej otworu, co przy mniejszych zlewniach, mając pewność, że płynące przedmioty nie będą zatykać otworów, możemy czasami dopuszczać. W tym wypadku przepływ wody w przepuscie odbywa się pod ciśnieniem, ponieważ otwór wlotowy znajduje się pod wodą i między środkami otworów wlotowego i wylotowego jest pewna różnica wysokości poziomów. Zależność między różnicą wysokości zwierciadła wody u wlotu, a środkiem otworu u wylotu h czyli tak zwanym naporem i szybkością przepływu wody w przepuscie v wyraża się wzorem ¹⁾:

$$h = (1 + \zeta_0 + \zeta_1 \cdot \frac{p}{4F} \cdot l) \cdot \frac{v^2}{2g},$$

gdzie p — obwód zwilżony,

F — powierzchnia przekroju poprzecznego przepustu,

l — długość przepustu,

v — dopuszczalna szybkość przepływu,

$g = 9,81$,

ζ_0 — współczynnik = 0,505 dla rur uciętych,

= 0,25 — 0,08 dla lekko rozszerzonego otworu,

= 0,20 — przy większych średnicach i rozszerzonym wlocie

ζ_1 — współczynnik = $0,1439 + \frac{0,009471}{\sqrt{v}}$ dla rur żelaznych (nowe rury),

= $0,01989 + \frac{0,0005078}{\sqrt{d}}$ (dla $d < 0,5$ m),

= $0,010045 + \frac{0,0075478}{\sqrt{d}}$ — dla nowych rur,

= $0,009712 + \frac{0,012793}{\sqrt{d}}$ — dla rur używanych.

¹⁾ Inż. Jerzy Marynowski „Podstawy do obliczania światła obiektów drogowych“ str. 191.

Aby szybkość przepływu w moście osiągnęła daną wielkość dopuszczalną, potrzebne jest spiętrzenie h obliczone według wzoru wyżej podanego.

Mając określony odpływ wody Q m³/sek, możemy określić powierzchnię przekroju poprzecznego $F = \frac{Q}{v}$, skąd określimy niezbędne wymiary przepustu lub średnicę, jeżeli przepust jest rurowy.

Wielkość naporu nie może być nieograniczona, gdyż poziom spiętrzonej przed przepustem wody powinien być niżej przynajmniej o 0,75 — 1.0 m, niż krawędź korony drogi; z drugiej strony szybkość, jaką napór wywołuje w przepuście, nie może być większa od dopuszczalnej ze względu na materiał, z jakiego jest zbudowany przepust, wloty i wyloty przepustu, np., nie może przekraczać $v = 6$ m/sek, gdy przepust zbudowany jest z rur żelaznych na murze z kamienia lub betonu, i $v = 3$ m/sek — przy rurach żelaznych opartych na glinie wymieszanej z tłuczniem lub żwirem¹⁾.

W celu ułatwienia obliczenia otworów małych mostów i przepustów należy wykonywać na specjalnych drukach. Wzór takiego druku zaleconego przez Ministerstwo Komunikacji (Ok. z października 1933 r. Nr. DB/17m/3/4) podany jest niżej.

MINISTERSTWO KOMUNIKACJI

Departament Dróg Kołowych.

OBLICZENIE OTWORU PRZEPUSTU²⁾.

Powiat	Poziom krawędzi nasypu . . . m
Droga	Poziom dna przepustu . . . „
Nazwa strumienia	Wysokość nasypu „
.	Szerokość otworu przepustu $l =$ „
	Wysokość otworu $w =$. . . „

1) Szczegóły obliczeń inż. Jerzy Marynowski „Podręcznik do obliczenia światła obiektów drogowych” str. 191 i nast.

2) Ze względu na to, że obliczenie otworów przepustów drogowych nie różni się zasadniczo od obliczenia małych mostów na strumykach napęcznionych tylko podczas wezbrań i suchych korytach, prowadzących wodę tylko czasowo, można podany sposób obliczenia stosować także do małych mostów.

Powierzchnia zlewni $F = \dots \text{ km}^2$

Długość zlewni $\dots \text{ km}$

Powierzchnia lasów $F_1 = \dots \text{ km}^2$

Stopień zalesienia $\frac{F_1}{F} = \dots$

Średni spadek całej doliny, względnie ogólna charakterystyka ukształtowania terenu:

.....

Z tabl. Nr. 1 obieramy współczynnik $\alpha = \dots$

Z tabl. Nr. 2 obieramy współczynnik $\beta = \dots$

Ilość wielkiej wody $Q = F \cdot \alpha \cdot \beta = \dots \text{ m}^2/\text{sek.}$

Zmierzony spadek łóżyska na długości 200 m powyżej i poniżej przepustu $i = \dots$

Otrzymaną z obliczenia ilość wielkiej wody zaleca się sprawdzić innym wzorem empirycznym, odpowiadającym warunkom.

POPRZECZNY PROFIL ŁOŻYSKA.

(rysunek)

.....

Jeżeli poziom wielkiej wody ($W W$) nie da się ustalić bezpośrednio na miejscu (np. na podstawie znaków lub wskazówek wiarygodnych osób), wówczas oznacza się go zapomocą poniżej podanych wzorów empirycznych:

Ustalony próbnymi poziom dopływającej wody $\dots \text{ m}$

Powierzchnia przekroju przepływu $f = \dots \text{ m}^2$

Zwilżony obwód $p = \dots \text{ m}$

Promień hydrauliczny $r = \frac{f}{p} = \dots \text{ m}$

W tablicy Nr. 4 znajdujemy współczynnik $k = \dots$

Średnia szybkość przepływu $v = k \cdot \sqrt{ri} = \dots \text{ m/sek}$

$v \cdot f = \dots \text{ m}^3/\text{sek}$

Przyjęty poziom wody dopływającej należy uważać za właściwy wtedy, gdy

$$v \cdot f = \sim Q$$

i gdy różnica tych wielkości nie przekracza 5%.

Z profilu poprzecznego określamy największą głębokość

$a = \dots \text{ m}$

Tym sposobem otrzymuje się poziom, w którym należy założyć wyrównane dno łóżyska przepływu.

Celem zmniejszenia spiętrzenia i szybkości przepływu w przepuście można pogłębić dno tak, aby leżało ono poniżej najniższego punktu przekroju naturalnego i wtedy w obliczeniu przyjmuje się tę głębokość zwiększoną. Z tablicy Nr. 3 obieramy średnią dopuszczalną szybkość przepływu wody w przepuście

$$v_0^1 = \dots \dots \dots \text{ m/sek}$$

Potrzebny przekrój przepływu $f_0^1 = \frac{Q}{\mu \cdot v_0^1} = \dots \dots \dots \text{ m}^2$

Szerokość otworu (dla otworów prostokątnych) $l' = \frac{f_0^1}{a} \dots \text{ m}$

Przyjęta szerokość otworu $l = \dots \dots \dots \text{ m}$

Wobec tego $v_0 = \frac{Q}{a \cdot l} = \dots \dots \dots \text{ m/sek}$

Powierzchnia przekroju przepływu $f_0 = l \cdot a = \dots \dots \dots \text{ m}^2$

Obwód zwilżony $p_0 = l + 2a \dots \dots \text{ m}$

Promień hydrauliczny $r = \frac{f_0}{p_0} \dots \dots \dots \text{ m}$

W tablicy Nr. 4 znajdujemy odpowiedni współczynnik $k = \dots$

Pochylenie dna przy dłuższych przepustach $i_0 = \frac{v_0^2}{k^2 \cdot r_0} \dots$

Spiętrzenie u wlotu do przepustu $h' = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} \dots \dots \dots$
(pierwsze przybliżenie)

Średnia szerokość spiętrzenia wyznaczona z profilu poprzecznego

$$b = \dots \dots \dots \text{ m}$$

Szybkość spiętrzonej wody u wlotu do przepustu

$$v_1 = \frac{Q}{f + b h'} = \dots \dots \dots \text{ m/sek}$$

Dokładna wartość spiętrzenia:

$$h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \dots \dots \dots \text{ m}$$

Spiętrzenie to jest dopuszczalne ze względów terenowych, a więc szerokość otworu okazuje się wystarczającą.

Współczynnik „ μ ” przyjmuje się zależnie od kształtu czołowych, ścian przyczółka = od 0,80 do 0,95.

Przyjęta wysokość otworu $w = \dots \dots \dots \text{ m}$ czyni zadość wymaganiom przepisów co do wzniesienia dolnej krawędzi konstrukcji ponad zwierciadłem wody (spiętrzonej).

Do okólnika załączone są 4 tablice: Tablica Nr. 1 — Wartość współczynnika α (p. tabl. XVIII, str. 214), Tablica Nr. 2. Wartość współczynnika β (p. tabl. XIX, str. 215), Tablica Nr. 3. Granica średniej szybkości przepływu dla różnych rodzajów względnie sposobów wzmocnienia łożyska (p. tabl. XXII, str. 221) i tabl. Nr. 4. Wielkości współcz. k według Bazin'a (p. tabl. XX, str. 217).

Obliczenie otworów większych mostów. Gdy powierzchnia zlewni wynosi więcej, niż 50 — 60 km², wtedy mamy do czynienia z określeniem otworu mostu „większego“.

Gdy mamy powierzchnię F przekroju wody przy najwyższym poziomie wód, odpływ wody $Q = F_{\max.} \cdot v_0$, gdzie v_0 — średnia szybkość wody w przekroju przy najwyższym poziomie wód, która może być określona:

1) teoretycznie na podstawie spadku zwierciadła wysokiej wody,

2) na podstawie obserwacji systematycznych i pomiarów.

W zależności od posiadanych danych stosujemy jedno albo drugie. Otwór mostu winien być taki, aby przy $Q_{\max.}$ nie było możliwości podmycia filarów i przyczółków, a szybkość wody nie powinna pod mostem zwiększać się do stopnia uniemożliwiającego żeglugę. W zależności od rodzaju filarów i przyczółków (pale drewniane, filary i przyczółki z muru czy betonu i t. p.), głębokości ich posadowienia i budowy geologicznej koryta przy obliczeniu otworu mostu można zrobić dwa założenia:

1. Otwór mostu oblicza się z takim zapasem, aby dno rzeki pod mostem po wykonaniu budowy filarów nie było podmywane: warunek ten jest konieczny, gdy przyczółki i filary mostu opierają się na palach wbijanych niegłęboko i wogóle, gdy fundamenty ich są założone nie bardzo głęboko pod naturalnem dnem ścieku.

2. Otwór mostu oblicza się tak, że po wybudowaniu mostu dopuszcza się pogłębienie koryta do pewnych granic, zależnych od sposobu i głębokości posadowienia przyczółków i filarów (np. przy filarach i przyczółkach na kesonach) lub przy korzystnych warunkach geologicznych (pod dnem rzeki znajduje się skała); w pewnych wypadkach może być przewidywane skopa-

nie koryta rzeki pod mostem i na pewnej przestrzeni przed i za mostem w celu powiększenia przekroju przepływu pod mostem i zmniejszenia przeto światła mostu. I w jednym i w drugim wypadku zakładamy pewną wielkość otworu, określamy przekrój wodny pod mostem i, mając wiadome $Q_{\max.}$, sprawdzamy, jakie są szybkości na dnie, i sprawdzamy w związku z charakterem dna, czy szybkości te są dopuszczalne, czy nie spowodują wymycia dna, a jeżeli spowodują, to na jaką głębokość. W zależności od tej głębokości, projektowane są rodzaje opór pod filary i przyczółki.

Gdy do danego otworu mostu wybrany jest typ mostu, jaki dla miejscowych warunków jest najodpowiedniejszy i ustalone są zasadnicze wymiary konstrukcyj mostowych oraz przyczółków i filarów, może być określony poziom nawierzchni na moście i stąd określona wysokość nasypów dojazdów mostowych.

Poziom nawierzchni na moście jest również w zależności od poziomu wód w rzece, gdyż dolna krawędź konstrukcji musi się znajdować ponad powierzchnią najwyższych wód przynajmniej o 1,0 m przy rzekach niespławnych, o 2,5 m przy rzekach spławnych od najwyższego poziomu wód, przy którym spław może się odbywać, i dla rzek żeglownych o 5,5 m od poziomu najwyższego żeglownego. Z drugiej strony poziom dojazdów do mostów winien być wyższy przynajmniej o 0,75 — 1,00 od najwyższego stanu wód w rzece.

Na tych ogólnych uwagach o określeniu otworów mostów i przepustów ograniczymy się, gdyż szczegóły tych czynności należą do budownictwa mostowego.

III-ci załącznik do projektu wstępnego drogi — zbiór projektów wstępnych mostów i przepustów.

Dla małych mostów i przepustów można wykorzystać opracowane w tym celu typy małych mostów i przepustów.

Np., istnieje szereg opracowanych przez b. Ministerstwo Robót Publicznych typów przepustów i mostów o małych otworach do 20 — 30 m betonowych, żelbetowych, drewnianych i żelaznych, obliczonych według obowiązujących obciążeń dla

dróg różnych kategorii. W tym wypadku odpadnie konieczność opracowywania projektów wstępnych i wystarczy wrysowanie typowych mostów i przepustów w przekroje poprzeczne (p. zał. V projektu wstępnego) i przystosowanie ich do tych przekrojów; ponieważ przeważnie nie posiadamy szczegółowych danych dla projektowania posadowienia filarów i przyczółków (przekrojów geologicznych) poszczególnych budowli, zakładamy przeciętne warunki posadowienia.

Co do większych mostów, rzadko można wykorzystać istniejące typy i dla takich mostów konieczne jest sporządzenie indywidualnych projektów wstępnych dla każdego projektowanego mostu, przytem pożądane jest porównanie warjantów różnych typów konstrukcyj, jakie mogą być zastosowane w danych warunkach terenowych.

Na tych ogólnych uwagach poprzestaniemy, gdyż szczegóły opracowywania projektów wstępnych mostów należą do budownictwa mostowego.

IV - ty załącznik projektu wstępnego — przekrój podłużny. (Patrz tablica C na końcu książki).

Na podstawie załączników I, II i III można przystąpić do opracowania przekroju podłużnego drogi.

Jeżeli na mapie z warstwicami lub na planie warstwicznym specjalnie zdjętym oznaczymy oś drogi i wyobrazimy sobie powierzchnię pionową przechodzącą przez tę oś, wówczas powierzchnia ta, będąca płaszczyzną na odcinkach prostych trasy i powierzchnią krzywą na odcinkach w łukach (np. powierzchnią walca, gdy łuk jest łukiem koła), przetnie się z powierzchnią terenu linią falistą. Jeżeli powierzchnię tę wyprostujemy w jedną płaszczyznę i linję przecięcia z powierzchnią terenu („linję terenu“) wyrysujemy w pewnej podziałce, otrzymamy przekrój podłużny powierzchni terenu (tablica C).

Jeżeli przekrój wykreślamy na podstawie map warstwicznych, bierzemy przy wykreślaniu wszystkie punkty przecięcia się osi trasy z warstwicami.

Jeżeli przekrój wykreślamy na podstawie pomiarów na gruncie, t. j. na podstawie wytrasowania osi drogi na gruncie i zniwelowania jej, dla przedstawienia w przekroju

linji terenu z dostateczną dla celów technicznych dokładnością wystarczy oznaczenie położenia charakterystycznych punktów terenu, a więc punktów najwyższych i najniższych, ostrych załamów, brzegów strug wodnych, zwierciadła wody, osi dróg czy kolei żelaznych, przecinanych trasą drogi i t. p.

Ilość punktów zależy od skali przekroju, od kształtu terenu: przy terenie płaskim bierzemy mniej punktów (rzadziej), przy terenie pofałdowanym — więcej. Zbyt wielka ilość punktów jest bezcelowa, gdyż nie scharakteryzuje lepiej miejscowości, a przekrój podłużny będzie mniej przejrzysty, przeładowany linjami i cyframi.

Przy projekcie wstępnym i terenie względnie płaskim wystarczy zaznaczenie wysokości terenu co 50 — 100 m, oprócz punktów charakterystycznych.

Przy terenie mniej płaskim zajdzie potrzeba gęstszego wyznaczania punktów.

Punkty, których wysokość jest nam znana bądź z mapy, bądź z pomiarów, po oznaczeniu ich na przekroju podłużnym przy pomocy rzędnych wysokościowych, łączymy linjami prostymi, przeto przekrój podłużny terenu przedstawiać się będzie jako linja łamana.

Podziałka, w jakiej wykreślamy przekrój podłużny, bywa różna; jeżeli wykreślamy go na podstawie mapy warstwicznej, — podziałka długościowa (pozioma) może być taka sama, jak podziałka mapy. Gdy przekrój wykreślamy na podstawie pomiarów, podziałkę długościową bierzemy 1:1000, 1:500 lub większą, w zależności od tej dokładności, jaką chcemy osiągnąć.

Podziałka wysokościowa (pionowa) przy wykreślaniu przekroju podłużnego w celu jaskrawszego uwydatnienia różnicy poziomów poszczególnych punktów jest zwykle znacznie większa — 10, 20, 50 i nawet 100 razy — od podziałki poziomej.

Wysokości odniesione być powinny do stałych punktów niwelacyjnych, np. do poziomu morza.

Na mapach wysokości poszczególnych warstwic odniesione są do poziomu morza; gdy wykonywamy pomiary i niwelacje dla robót większych, należy niwelacje łączyć z punktami, których wysokość nad poziomem morza jest wiadoma i wysokości punktów terenu oznaczyć w zależności od poziomu morza.

Gdy wykonywa się robotę drobną, a związanie się z punktem, którego wysokość nad poziomem morza jest wiadoma, jest niemożliwe lub trudne, przyjmujemy za punkt wyjściowy pewien stały dowolny punkt, np. odsadzkę cokołu domu i t. p.; dajemy mu dowolnie przyjętą wysokość np. 100,0 m. i wysokość wszystkich punktów osi drogi odnosimy do tego wyjściowego punktu stałego.

Odcinanie na rysunku rzędnych w całości (np. od poziomu morza) nie zawsze jest możliwe, np. rzędna punktu o wysokości 150,5 m. nad poziomem morza w podziałce 1:100 wymagałaby rysunku o szerokości prawie dwumetrowej.

Dlatego też zwykle przyjmujemy pewien poziom niższy od najniższego punktu terenu, od którego odcina się rzędne wysokościowe. Poziom ten nazywa się poziomem porównawczym; przyjmuje się go w cyfrach możliwie okrągłych (np. 120, 150, 200 m.) dla ułatwienia obliczeń wysokości rzędnych.

W razie potrzeby, gdy wyrysowywana linja terenu przy przyjętym poziomie porównawczym zaczyna wychodzić poza granice rysunku, poziom porównawczy można zmieniać. Ma to miejsce przy terenach górskich, gdy projektowana droga pokonywa wielkie różnice poziomów.

Na przekroju podłużnym, w związku z linją powierzchni terenu oznacza się *niweletę*, t. j. linję przecięcia się powierzchni pionowej, przeprowadzonej przez oś projektowanej drogi z powierzchnią projektowanej drogi; linja ta będzie się składać z odcinków prostych (linja łamana); na niektórych odcinkach będzie krzywa; czasami, gdy chodzi o większą dokładność, oprócz niwelety, rysuje się równoległą do niej linję oznaczającą spód nawierzchni: odległość pomiędzy niweletą i linją spodu nawierzchni = grubości nawierzchni wzdłuż osi drogi w podziałce wysokościowej.

Przy wykreślaniu przekroju podłużnego linję terenu wykreśla się kolorem czarnym, niweletę i linję spodu nawierzchni — kolorem czerwonym.

W tych miejscach, gdzie linja terenu przechodzi ponad niweletą — będziemy mieli wykopy, tam, gdzie ona przechodzi ponad niweletą, — nasypy.

Powierzchnię nasypów w przekroju podłużnym oznacza się jasnym karminem, wykopów — żółtym (gumigutą).

Nawierzchnia w przekroju oznaczana jest szarym fioletem. Mosty i przepusty winny być wrysowane w odpowiednich miejscach w schematycznym przekroju wskutek niejednakowych podziałek w postaci skażonej, wydłużonej pionowo; mury oznacza się kolorem czerwonym (cynobrem), beton — jasno fioletowym, żelazo — niebieskim.

Poziom porównawczy, rzędne wysokościowe z przerwami dla cyfr wysokości — oznacza się kolorem czarnym. Setki (hektometry), rzędne setek i rzędne załamów niwelety oznacza się kolorem czerwonym, jak również kierunek wzniesień lub spadków z oznaczeniem wielkości wzniesień (spadków) i ich długości.

Poziom wody w rzekach, jak również dna rowów odwadniających wyciąga się kolorem niebieskim. Opis mostów i przepustów, ich światło, nazwy rzek i potoków, przecinanych dróg oznacza się kolorem czerwonym.

Wreszcie na górze ponad linią terenu oznaczamy granice gmin, powiatów i województw, przez które przechodzi droga.

Przy projektowaniu niwelety staramy się z jednej strony, aby wykopy i nasypy były możliwie najmniejsze ze względu na koszty, a z drugiej strony, aby wykopy i nasypy wzajemnie się wyrównywały, a ziemia z wykopu, o ile można, szła do nasypu niżej położonego.

Przy terenie względnie płaskim bez większych różnic poziomów w kierunku poprzecznym, przekrój podłużny daje nam możliwość nie tylko odczytania, jaka będzie różnica poziomu terenu i nawierzchni projektowanej drogi w poszczególnych punktach osi drogi, ale również daje możliwość zorjentowania się w ilości robót ziemnych, jakie będą do wykonania na poszczególnych odcinkach drogi.

Jak zobaczymy dalej w opisie robót ziemnych, przy znaczniejszych spadkach w kierunku poprzecznym do trasy orjentowanie się pod tym względem jest trudniejsze.

Dla zupełnie dokładnego zorjentowania się w ilości robót ziemnych na przekroju podłużnym wykreślamy na podstawie powierzchni przekrojów poprzecznych, obliczonych dla każdego punktu charakterystycznego, linię objętości masy ziemi

i linję podziału mas ziemi. (p. tabl. C). Daje to nam możność dokładnego zorjentowania w ilości robót ziemnych na poszczególnych odcinkach drogi bez względu na ukształtowanie terenu w kierunku poprzecznym i określenia koniecznych i najekonomiczniejszych przewozów mas ziemi.

Gdy po wykreśleniu przekroju podłużnego, — co należy robić odcinkami po kilka kilometrów, — wykreślimy wspomniane wyżej linje objętości rozkładu mas i linje podziału mas ziemi, nieraz układ wykresów tych zmusi nas do zmiany położenia niwelety. O szczegółach mowa będzie w „Robotach ziemnych“.

Wreszcie na przekroju podłużnym winny być oznaczone linje dna rowów osuszających; nie zawsze rowy z obydwóch stron mają poziom jednakowy; wtedy oddzielnie powinna być oznaczona linja dna rowu prawego i lewego. Nie zawsze rów o przekroju normalnym zmieści ilość wód, która będzie spływać do niego, dlatego też przekroje rowów i ich spadki powinny być obliczone; w razie gdy zajdzie potrzeba zmniejszenia spadków rowów lub zaprojektowania kaskad lub innych urządzeń, urządzenia takie winny być zaprojektowane i zaznaczone na przekroju podłużnym schematycznie.

Szczegóły o urządzeniach rowów podane będą w „Robotach ziemnych“, tu tylko podkreślić potrzeba, że w rowach szybkość wody na dnie nie może być większa od szybkości dopuszczalnej dla danego gruntu, aby go nie wymywała woda.

Nieraz przy wykreślaniu przekroju podłużnego może zajść potrzeba częściowej zmiany trasy; aby nie przerysowywać całego przekroju, zmieniać kilometrowania i t. p., zwykle w takich razach na przekroju oznaczamy w sposób widoczny (jaszkrawym kolorem), że dany odcinek stanowi tak zwany odcinek anormalny, a przekrój wzdłuż zmienionej trasy wyrysowywuje się dodatkowo z zaznaczeniem, że jest to przekrój zastępczy dla odcinka od ... do ... (wymienić punkty).

Wzór przekroju podłużnego kreślonego z mapy warstwicznej podany jest na tabl. C.

Z tablicy tej widzimy układ przekroju podłużnego oraz te szczegóły, jakie winny być na nim zaznaczone.

V - ty załącznik projektu wstępnego — zbiór przekrojów poprzecznych. (Patrz tablica *D* przy końcu książki).

Gdy teren jest płaski, bez znaczniejszych spadków w kierunku poprzecznym, dla projektu wstępnego można się obyć bez zdejmowania przekrojów poprzecznych i ich wyrysowywania.

Gdy teren w kierunku poprzecznym jest bardzo pochyły, nawet dla projektu wstępnego przekroje poprzeczne są konieczne.

W pierwszym wypadku zadawalniamy się obliczeniem powierzchni przekrojów poprzecznych przy pomocy tablic lub wykresów, względnie obliczamy je analitycznie; dla regularnych niewielkich spadków poprzecznych możemy znaleźć tablice lub wykresy z uwzględnieniem tych spadków.

W drugim wypadku, gdy teren w kierunku prostopadłym do osi drogi ma spadki znaczniejsze i, zwłaszcza, gdy są one niejednakowe, zachodzi potrzeba wykreślenia przekrojów poprzecznych dla punktów, zaznaczonych na przekroju poprzecznym.

Zbiór przekrojów poprzecznych potrzebny jest do dokładniejszego obliczenia ilości robót ziemnych, do zaprojektowania murów oporowych tam, gdzie zajdzie potrzeba, rowów ochronnych na stokach, ubezpieczeń nasypów nad rzekami, wrysowania w przekroje przepustów, które winny być przystosowane do wymiarów i ukształtowania nasypów i t. p.

Przekroje wykreślamy w ten sposób, jak gdybyśmy idąc od początku drogi patrzyli na te przekroje.

Najczęściej stosowana jest podziałka 1 :100 lub większa, bez skażenia, t. j. bez powiększania podziałki wysokości w stosunku do podziałki długości.

Na tablicy *D* podane są przykłady przekrojów różnych typów.

Linja terenu wykreślana jest kolorem czarnym, linje konturu projektowanych robót ziemnych — kolorem czerwonym.

Przekroje poprzeczne w łukach winny być brane w kierunku promieni łuków.

Na poszczególnych przekrojach winny być oznaczone następujące dane:

1. Położenie przekroju (kilometr, hektometr i t. zw. plusy t. j. odległości od początku hektometra, w którym przekrój poprzeczny się znajduje, o ile wzięty jest nie na początku hektometra);

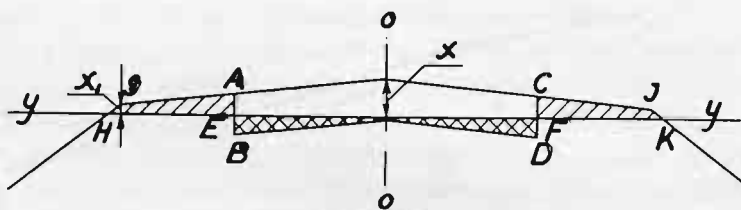
2. Poziom terenu na osi drogi i czasami charakterystycznych punktów terenu (cyfry czarne);

3. Poziom niwelety i dna rowów (cyfry czerwone);

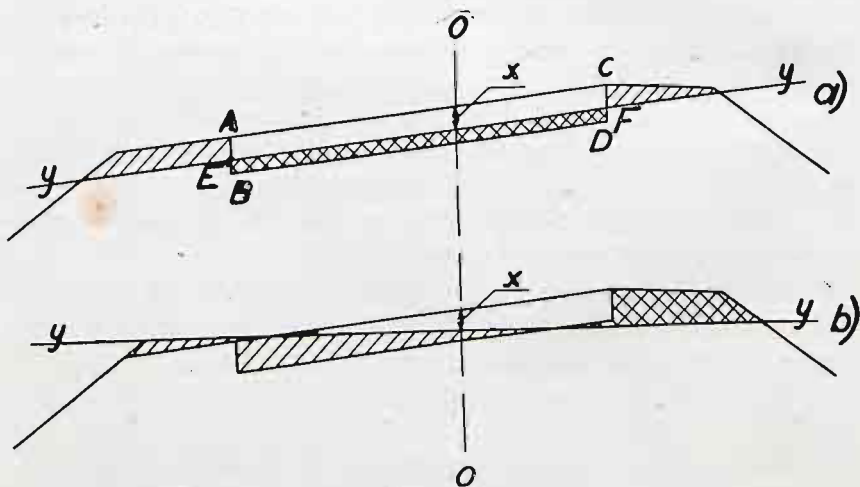
4. Pochylenie skarp nasypów lub wykopów;

5. Oznaczenie odkładów i wykopów materiałowych, o ile z projektu robót ziemnych to wypływa;

6. Oznaczenie granic wyłączenia.



Rys. 114.



Rys. 115.

Ponieważ dla wykonania nawierzchni zachodzi potrzeba wykonania t. zw. koryta w ziemi dla nawierzchni, należy na przekrojach poprzecznych wprowadzić poprawkę przy pomocy

linji zastępczej yy — poziomej na odcinkach prostych (rys. 114) i pochyłej (rys. 115, a) lub poziomej (rys. 115, b) na odcinkach w łuku, gdy w łukach mamy spadek jezdni jednostronny. Linja yy obniżona jest o taką wysokość x w stosunku do wysokości niwelety nawierzchni, aby, gdy przystąpimy do budowy nawierzchni, łatwo można było przez wykonanie poprzecznych robót ziemnych osiągnąć wykonanie koryta potrzebnych wymiarów bez potrzeby usuwania nadmiaru ziemi z korony drogi lub w razie jej braku dostarczania jej z poza korony.

Gdy mamy (rys. 114) wymiary korony i potrzebnego dla nawierzchni koryta oraz ich ukształtowanie, łatwo będzie na przekroju normalnym wykreślonym w dużej podziałce znaleźć wymiar x tak, aby powierzchnia $GHEA + CFKI$ była równa powierzchni $EBDF$. Również łatwo będzie znaleźć wymiar x dla przekroju jednospadkowego w łuku dla linji zastępczej yy poziomej bądź pochyłej o spadku równym projektowanemu spadkowi poprzecznemu.

Linję zastępczą stosujemy w projektach wstępnych rzadko, i przy obliczeniach pomijamy różnice drobne w ilościach robót ziemnych, natomiast w projektach szczegółowych powinniśmy zawsze stosować, aby mogły być one uwzględnione przy wykonywaniu robót ziemnych: roboty ziemne winny być wykonywane niżej o wymiar x . Zwykle między wykonaniem robót ziemnych i wykonaniem nawierzchni upływa dłuższy okres czasu potrzebnego na osiadanie nasypów; w tym czasie wykonane w ziemi koryto uległoby zniszczeniu; z tego względu koryto jest wykonywane na krótko przed przystąpieniem do budowy nawierzchni.

VI-ty załącznik projektu wstępnego — obliczenie ilości robót ziemnych wraz z wykresami podziału mas.

Obliczenia te wykonywane są według pewnych form; dla projektu wstępnego są one przybliżone, mniej dokładnie, zwłaszcza przy sporządzaniu projektu wstępnego na podstawie map warstwicznych; przy sporządzaniu projektu na podstawie pomiarów na gruncie obliczenia te są dokładniejsze, zwłaszcza jeżeli odrazu sporządzamy projekt szczegółowy. Co się tyczy

wykresów podziału mas, dogodniej je umieszczać odrazu na przekroju podłużnym.

O zasadach i sposobach obliczania objętości robót ziemnych i sposobach wykreślnych znajdowania najlepszego rozkładu mas mowa będzie w „Robotach ziemnych“.

VII-my załącznik projektu wstępnego — zbiór projektów szczegółów.

Należą do nich projekty w dużej podziałce serpentyń, łuków z poszerzoną jezdnią i jednostronnym spadkiem, zwłaszcza, gdy się stosuje specjalne krzywe przejściowe lub specjalne krzywe (np. lemniskaty), projekty ścian oporowych, budynków drogowych, urządzeń ochronnych, projekty zabezpieczeń przed usuwiskami i t. p. Są to indywidualne szczegóły, wpływające z miejscowych warunków, nie można ich przeto uogólniać, jedynie zasady projektowania niektórych wymienionych wyżej szczegółów podane będą przy opisie składu projektu szczegółowego.

Przy opracowaniu projektu wstępnego winny być opracowane tylko takie szczegóły budowy drogi, które mają wpływ na koszty budowy lub takie, które mogłyby mieć wpływ na zmianę kierunku trasy.

VIII-y załącznik projektu wstępnego — sprawozdanie techniczne.

Jest ono zwięzłym opisem projektu z uzasadnieniem jego, a więc kierunku trasy, przyjętego typu drogi i rozwiązania różnych szczegółów projektu. Sprawozdanie winno obejmować również i program wykonania budowy.

IX-ty załącznik projektu wstępnego — przybliżony kosztorys.

Powinien zawierać analizę cen jednostkowych projektowanych robót i zestawienie kosztu wykonania wszystkich robót związanych z budową drogi, ułożone według rodzajów robót projektowanych; powinny być włączone tu i koszty nabycia po-

trzebnych gruntów, podana w przybliżeniu ogólna powierzchnia ich, bez podziału na poszczególnych właścicieli.

Przybliżony kosztorys powinien zawierać działy:

1. Koszt wykonania robót ziemnych (dobycia ziemi, przewiezienia ziemi, wykonania nasypów).

2. Koszt zabezpieczenia robót (darniowanie, brukowanie skarp, zabezpieczenie rowów od rozmycia, ewent. urządzenie kaskad na rowach i t. p. urządzeń).

3. Koszt budowy mostów i przepustów wraz z wykonaniem miejscowych regulacyj potoków, o ile są potrzebne przy wykonywaniu robót drogowych.

4. Koszt specjalnych urządzeń drogowych: ścian oporowych, drenowania, zabezpieczeń przed usuwiskami, budynków dróg i t. p.

5. Koszt budowy nawierzchni.

6. Koszt znaków drogowych, poręczy i t. p.

7. Koszt wywłaszczonych gruntów.

Po sporządzeniu kosztorysu winien być wyprowadzony koszt budowy 1 km. bież. projektowanej drogi.

Wszystkie załączniki projektu wstępnego drogi winny być tak złożone, aby dawały możliwość łatwego ich przesyłania i rozkładania. Z tego względu rysunki wszystkie składa się w tak zwane formaty. Najdogodniejszym dla projektów drogowych jest wymiar formatu ustalony przez Polski Komitet Normalizacyjny $29,7 \times 42,0$ cm. Dla opisów i kosztorysów może być format mniejszy $29,7 \times 21$ cm. — wymiar znormalizowanego arkusza papieru kancelaryjnego.

2. Projekt szczegółowy.

Prace pomiarowe.

Po zatwierdzeniu przez odpowiednie władze projektu wstępnego, przystępuje się do opracowania projektu szczegółowego, przytem uwzględnia się te zmiany i żądania, jakie postawiła władza zatwierdzająca projekt.

Projekt szczegółowy opiera się na pomiarach przeprowadzonych na gruncie: mając trasę z projektu wstępnego, prze-