

ROZDZIAŁ V.

Specjalne sposoby ulepszania dróg gruntowych.

22. Amerykański sposób budowy i utrzymania dróg gruntowych nie zawsze może być zastosowany; zdarza się, że grunt jest nieodpowiedni albo ruch kołowy jest zbyt intensywny; wtedy zastosowanie amerykańskiego sposobu budowy i utrzymania drogi nie osiągnie celu i drogę należy ulepszyć. Nie zawsze ulepszenie to można przeprowadzić w postaci wybudowania szosy lub bruku, jako zbyt kosztownych w danych warunkach; w takich razach należy przystosować się do miejscowych warunków i zastosować sposoby ulepszania dróg gruntowych, które rozpatrzmy w niniejszym rozdziale.

23. Drogi żwirowane.

Żwirowanie należy do najlepszych sposobów ulepszania dróg gruntowych; naturalnie sposób ten może być stosowany tylko wtedy, kiedy pod ręką jest odpowiedni ku temu materiał—żwir.

W porównaniu z innymi krajami sposób ten w Polsce jest niedoceniony i nie jest wyzyskany dostatecznie. Żwirowane drogi stanowią przejście od zwykłych gruntowych dróg do szos i z wielkim powodzeniem mogą być urządzone na traktach o średnim i małym ruchu.

Żwir. Żwir tworzą się z okruchów skał, przeniesionych z miejsca powstania na większą lub mniejszą odległość przez lodowce i wodę. Im dłuższą drogę odbyły, tem lepiej ziarna są oszlifowane i zaokrąglone. Znajduje się żwir w suchych złożach lub w korytach rzek; w zależności od warunków powstawania, żwir ma bardzo rozmaity skład i własności fizyczne.

Dobre do budowy dróg kołowych żwir powinien odpowiadać następującym warunkom: ziarna żwiru powinny być dostatecznie twarde, aby nie rozgniatały się pod kołami wozów i kopytami koni i nie tworzyły pyłu; ziarna tworzące żwir powinny być różnej wielkości, przyczem ziarna każdej wielkości powinny być we właściwym stosunku; wreszcie wśród ziaren żwiru powinna się znajdować odpowiednia ilość wiążącego czy sklejającego materiału, który oddzielne ziarna żwiru spaja w zwięzłą masę.

Twardość ziaren żwiru zależna jest od jego pochodzenia geologicznego, względnie od własności tych skał, z których powstał żwir.

pod działaniem lodowców i wód. Zwykle żwiru są przeniesione na znacznie większą odległość od miejsca pochodzenia, przyczem wskutek tego przeniesienia żwir na ogół staje się twardszy, gdyż wszystkie delikatniejsze i kruchsze cząstki zostają podczas tego procesu usunięte z jego składu.

Wielkość ziaren żwiru nie powinna być zbyt duża; im większe są ziarna, tem łatwiej w suchą pogodę wyskakują z powłoki żwirowej i tulają się; z drugiej strony zbyt małe ziarna zbliżają właściwości takiego żwiru do własności piasku. Największa dopuszczalna wielkość ziaren nie powinna przenosić w średnicy 2—3 cm.

Jeżeli żwir zawiera kamyki większe niż 3—4 cm w średnicy, należy je oddzielić i użyć na fundament dla drogi żwirowej.

Celem utworzenia ze żwiru dość spoistej i trwałej powłoki należy tak ustosunkować rozmałą wielkość ziaren jego, aby ziarna drobniejsze wypełniały ściśle wolną przestrzeń, znajdującą się pomiędzy grubszymi ziarnami zaś wolna przestrzeń pozostała, znajdującą się pomiędzy najdrobniejszymi ziarnami żwiru, powinna być wypełniana wiążącym materiałem czyli lepiszczem. Często własności żwiru mogą być poprawione przez jego przesianie i odrzucenie niepożądanych lub znajdujących się w zbyt dużej ilości domieszek i przez ponowne zmieszanie, ale w stosunku odpowiednim, przyczem wiążący materiał może znajdować się w żwirze w formie pyłu albo w formie ziaren słabszych formacji skał, które po zgnieceniu i sproszkowaniu mogą utworzyć lepiszcze.

Ważną dla dróg właściwością żwiru jest jego zdolność wiązania się w mniej lub więcej ściśłą i zwięzłą masę. Bez tej właściwości żwir miałby te same cechy, jakie posiada gruby czysty piasek, pod wpływem ruchu kołowego pod ciśnieniem kół lub kopyt ziarna żwiru, będące bez spojenia, rozsuwałyby się bardzo łatwo, zwiększając przez to opór drogi; pozątem woda atmosferyczna bardzo łatwo przenikałaby wewnątrz powłoki i rozmięczałaby ją. Dla uniknięcia tego potrzeba, aby w żwirze była dostateczna, ale nie za wielka ilość lepiszcza.

Lepiszczce powinno wypełniać wolną przestrzeń pomiędzy oddzielnymi ziarnami żwiru, które powinny być dobrane podług wielkości w takim stosunku, aby ta wolna przestrzeń była jaknajmniejsza, t. j. aby ziarna żwiru ukladaly się ściśle i dawały jaknajwięcej punktów zetknięcia się między sobą; przy takich warunkach powstaje duże tarcie między ziarnami i ściślejszy związek ziaren między sobą.

Im mniej potrzeba lepiszcza, tem ściślej przylegają ziarna do siebie i żwir dla celów drogowych jest lepszy. Praktyka amerykańskich dróg wykazuje, że lepiszcze nie powinno stanowić więcej niż 15—20% objętości masy żwiru.

Lepiszczem w żwirze może być glina, il, minerały krzemianowe, pył skalny, tlenek żelaza albo takie domieszki, które pod wpływem ruchu kołowego lub walcowania będą rozgniatane w drobny pył (np. wapień lub margiel, glina łupkowa i t. p.). Glina jest najczęściej spotykanem lepiszczem, ale niema ona zalet najlepszych; z jednej strony zaleca ją to, że spotyka się bardzo często jako naturalna domieszka żwiru i przez to samo stanowi tanie i łatwe lepiszcze, z dru-

giej strony gliny nie zaleca ta jej własność, że wiążące własności jej stoją w dużej zależności od stanu pogody; podczas suszy glina wysycha, kurczy się, pęka i kruszy się w drobny pył, podczas słońca glina rozmięka, robi się ciastowatą i poddającą się wypłukaniu.

Najwięcej własności wiążących glina posiada w stanie niezbyt suchym i niezbyt wilgotnym.

Zamarzając w stanie mokrym glina powiększa swoją objętość, co przy rozmarzaniu ma ten skutek, że tworzą się znane zjawiska pęcznienia, będące przy ruchu kołowym przyczyną zniszczenia powłoki szabrowej lub żwirowej.

II jako lepiszcze dla żwiru stoi na jednym poziomie z gliną.

Minerały zawierające związki krzemowe, niekiedy omyłkowo przyjmowane za glinę, znajdują się w żwirach względnie rzadko, a stanowią zawsze dobre lepiszcze.

Tlenek żelaza tworzy też czasami lepiszcze w żwirze bardzo dobre, nie wrażliwe na wodę.

Wreszcie żwiry często zawierają pewien procent wapienia albo łupku gliniastego, które pod działaniem czynników atmosferycznych lub ruchu kołowego tworzą pył z własnościami lepiszcza.

Należy tu podkreślić, że wyżej mieliśmy na uwadze tylko wiążące własności różnych materiałów pod względem mechanicznym.

Amerykańscy inżynierowie drogowi, jak *A. O. Baker* i *A. T. Byrne* mniemają, że tak przy tworzeniu powłoki z szabru jak i ze żwiru oprócz mechanicznego wiązania wzajemnego mniejszych i większych ziaren, zachodzi jeszcze pewien dotychczas mało zbadany proces cementacyjny, któryby można, w przeciwieństwie do pierwszego, nazwać procesem chemicznym; przynajmniej doświadczenia wskazanych wyżej powag drogowych wskazują, że drobny proszek, powstały ze skał, zmoczony i poddany ciśnieniu podlega jakiemuś procesowi cementacyjnemu. Również pewne kamienie, potłuczone na drobne kawałki, po zmoczeniu i poddaniu działaniu ciężkich kół wozów lub walców szosowych mogą się zementować w znacznym stopniu. Ta cementacja powstaje z powodu tarcia małych kawałków jeden o drugi, wytwarzającego bardzo drobny proszek w punktach zetknięcia się; proszek ten — zmoczony i poddany ciśnieniu — tworzy słaby cement.

Ziarna żwiru są zwykle zaokrąglone przez wodę i wygładzone, przeto cementacja taka ma wpływ daleko mniejszy na żwir, niż na szorstki, kanciasty szaber.

Wspomniane wyżej lepiszcza nie zawsze zawierają się w żwirze; jeżeli lepiszcza niema, należy go dodać do żwiru, jeżeli zaś jest go nadmiar, to nadmiar ten należy usunąć, o ile to jest technicznie wykonalne. W niektórych miejscowościach czysta ruda żelazna tworzy bardzo dobre lepiszcze dla żwiru. Ruda błotna też może być użyta do tego celu.

Występowanie żwirów ma miejsce tam, gdzie w epoce lodowcowej mogły się one utworzyć wskutek działań lodowcowych.

W większej części ziem polskich na północy znajdujemy formacje epoki lodowcowej, a wśród nich żwiry zajmują niepoślednie miejsce. Produkty działania lodowców tworzyły się w zależności od swych własności.

Jedne z nich spotykają się w formie mieszaniny grubszych i drobniejszych produktów, które były macerowane przez lodowce na powierzchni w czasie ich ruchów i występują w formie szerokich, nieregularnie rozłożonych pokładów i ta forma spotyka się prawie we wszystkich okolicach polodowcowych i znana jest pod nazwą *moren powierzchniowych*. W końcu epoki lodowcowej stałe cofanie się lodowców było przerywane niekiedy posuwaniem się lodowców naprzód lub zatrzymaniem się tychże na jednej linii; w tych wypadkach na brzegach pól lodowcowych tworzyły się zwały produktów działania lodowców, zwane *czołowemi morenami*; w wielu wypadkach moreny te zupełnie wyraźnie z charakteru krajobrazu rozpoznąć można, a gdy się je zbada, można się przekonać, że zawietają produkty działań lodowców, wśród których żwiry zajmują poczesne miejsce.

Obecność żwirów również należy podejrzewać w tak zwanych *morenach dennych*, powstałych pod lodowcem wzdłuż drogi, odbywanej przez lodowiec oraz wzdłuż podlodowcowych potoków.

Gdzie się kończy morena denna, łącząc się z moreną czołową, tam w wielkiej ilości można znaleźć produkty działalności lodowców, między nimi żwiry. Produkty te bywają złożone w formie delty.

Poszukiwania żwirów przedewszystkiem należy czynić w dolinach rzek i potoków, gdzie zwykle są one przykryte pokładami piasku.

Zresztą żwir znaleźć można w najróżnorodniejszych warunkach; ogólnych wskazówek co do miejsc jego znajdowania się podać nie można; najlepiej może wykryć obecność żwiru w danej miejscowości zwykły świder ziemny.

Badania żwirów. Polskie żwiry są zupełnie niezbadane. Stany Zjednoczone, które w bardzo szerokim zakresie wyzyskują żwiry dla celów drogowych, przeprowadziły szereg bardzo drobiazgowych i bardzo pożytecznych badań.

Żwiry badane są tam. 1) pod względem mechanicznym i 2) pod względem mineralogicznym.

Pierwsze badanie prowadzi się za pomocą przesiewania próbek żwiru przez różne sита, mające oka o średnicy 2", 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{27}$, $\frac{3}{40}$ cala ang. Tym sposobem określa się procentowo zawartość ziaren żwiru każdej wielkości, przyczem to, co się otrzyma po przepuszczeniu przez sito ze średnicą o $\frac{1}{16}$ ", jeszcze oddziela się na ziarna cięższe i na pył, który w wodzie może być zawieszony; ta ostatnia czynność łatwo może być wykonana za pomocą przyrządu *Schöne'sgo*.

Wreszcie przy mechanicznem badaniu żwiru określa się procentową zawartość przestrzeni wolnej, znajdującej się w żwirze przemytym w wodzie i zwolnionym z cząstek pyłowych, które mogą być zawieszone w wodzie.

Procentowa zawartość ziaren żwiru różnych wielkości w różnych żwirach waha się oczywiście w bardzo szerokich granicach, natomiast procentowa zawartość wolnej przestrzeni w przemytym żwirze waha się w dość wąskich granicach i wynosi od 25% do 35%.

Te ostatnie cyfry są bardzo miarodajne przy określaniu ilości potrzebnego lepiszcza dla danego żwiru; nieznajomość ich może być

przyczyną, że droga żwirowa albo będzie zbyt słabo związana, bo będzie miała za mało lepiszcza albo też go będzie za dużo i żwir nie zdoła się związać tak, jak by się mógł związać, gdyby tego lepiszcza było tyle, ile jest wolnej przestrzeni pomiędzy ziarnami żwiru.

Badanie pod względem mineralogicznym polega na procentowym określeniu w danej próbie żwiru zawartości poszczególnych minerałów, czy też okruszków poszczególnych skał

Określa się tu ilość wapienia z podziałem na główne jego gatunki, piaskowca, skał metamorficznych, ilość zlepieńców, skał krystalicznych, kwarcu, różnych twardych skał, wreszcie gliny łupkowej i gliny zwykłej.

Przeprowadzone w Ameryce północnej badania żwirów doprowadzają do następujących wniosków: 1) przy określaniu ilości potrzebnego lepiszcza nie może być brana pod uwagę jedynie wolna przestrzeń pomiędzy ziarnami żwiru, ponieważ pod działaniem ruchu kołowego słabsze ziarna mogą być skruszone i utworzyć część lepiszcza; w ostatnim razie ilość dodawanego do żwiru lepiszcza należy odpowiednio zredukować; 2) lepiszczem dla żwiru może być glina albo glina ze związkami żelaza albo sproszkowany wapień, lub też kombinacja z tych zasadniczych składników.

Przedwstępne badanie żwirów dla określenia ich przydatności dla celów drogowych nie jest zupełnie wystarczające dla orzeczenia, czy są one odpowiednie dla budowy dróg; orzeczenie to można zrobić dopiero na mocy praktyki na drodze.

Dla porównania zalet żwirów, użytych do budowy różnych dróg należy mieć na uwadze: 1) czy grunt, po którym przechodzą drogi, jest jednakowy, 2) czy fundament drogi jest jednakowo zrobiony, 3) czy jednakowa ilość materiału została użyta, 4) czy wielkość ruchu kołowego jest jednakowa, 5) czy starania około utrzymywania drogi są jednakowe i 6) czy dane drogi żwirowe istnieją jednakowo długo.

Ogólne uwagi o ustraju dróg żwirowych. Aby drogi żwirowe były dobre, powinny posiadać te same warunki, co i dobre drogi gruntowe, wobec czego zwykła droga gruntowa zbudowana prawidłowo może być po wyżyrowaniu również dobrą drogą żwirową.

Najbardziej należy uważać na drogach żwirowych powinno się zwrócić na odwodnienie nawierzchni przez staranne urządzenie ścieków, oraz drenowanie dróg na tych odcinkach, które ze względu na własności gruntu wymagają tego.

Ze względu na większą nieprzepuszczalność jezdni dróg żwirowych, niż dróg gruntowych, ścieki muszą być nieco większe. Aby powstrzymać rozmywanie ścieków, dobrze jest wysypać je grubszym żwirem.

Dreny należy zakładać tak, jak i na drogach gruntowych, z boku drogi pod ściekami, gdyż to położenie drenu jest racjonalniejsze, niż umieszczenie go wzdłuż osi, to ostatnie dla dróg żwirowych jest zupełnie nieracjonalne, gdyż jezdnia takichże dróg jest daleko mniej przeduszczała niż jezdnia dróg gruntowych i dzięki temu mniej nasiąka wodą

Niektórzy konstruktorzy proponują, wobec tego, że żwirowanie zwykle wykonywa się tylko na pewnej szerokości korony drogi, umieszczać dreny w położeniu *aa* (fig. 76) pod brzegiem nawierzchni żwirowej; położenie to jednak nie przedstawia specjalnych dogodności w drenowaniu, wobec nieznaczonej odległości $l=1-3$ mtr. od ścieku, z drugiej zaś strony położenie to nastręcza pewne niedogodności przy zakładaniu oraz utrzymywaniu drenów w porządku.

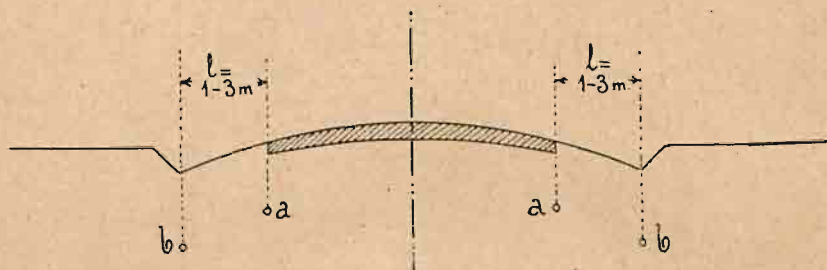


Fig. 76.

Korona drogi. Do ustroju korony dróg żwirowych stosuje się te same zasady, co i do dróg gruntowych. Poprzeczny spadek nie powinien być mniejszy od 2‰ i może dochodzić do 8‰. Pierwszy spadek jest odpowiedni dla dróg z bardzo słabym i lekkim ruchem.

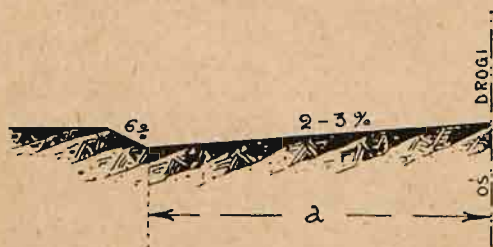


Fig. 77.

$a = \frac{b}{2}$; b — SZEROKOŚĆ
DROGI W KORONIE.

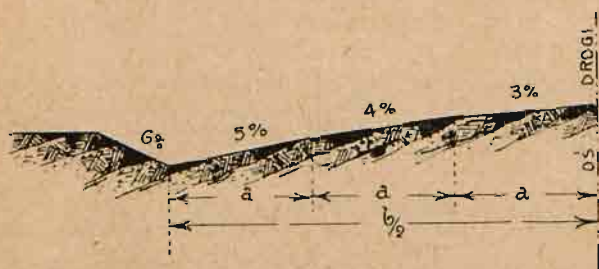


Fig. 78.

$a = \frac{1}{6} b$, b — SZEROKOŚĆ
DROGI W KORONIE.

Zresztą, jak i dla dróg gruntowych, można dla żwirowych dróg zastosować następujący praktyczny sposób określania profilu: fig. 77, dla dróg wąskich (3—5 mtr.), fig. 78 dla dróg o średniej szerokości (5—8 mtr.) fig. 79 dla dróg szerszych (8—12 mtr.).

Przy określaniu profilu poprzecznego podług fig. 78 i fig. 79 otrzymujemy zarys jego zbliżony do formy parabolicznej.

Sposoby żwirowania. Żwirowanie można wykonać dwoma sposobami: pierwszy sposób polega na tem, że na wyrównaną powierzchnię drogi gruntowej wzdłuż osi rozsypuje się żwir pasem odpowiedniej szerokości i grubości przyczem grubość jest większa środkiem drogi i stopniowo zmniejsza się ku brzegom; sposób ten nazwiemy *powierzchnowem żwirowaniem*; drugi sposób polega na przyszykowaniu w drodze gruntowej koryta, w które nasypuje się warstwa żwiru; sposób ten nazwiemy *żwirowaniem korytowym*.

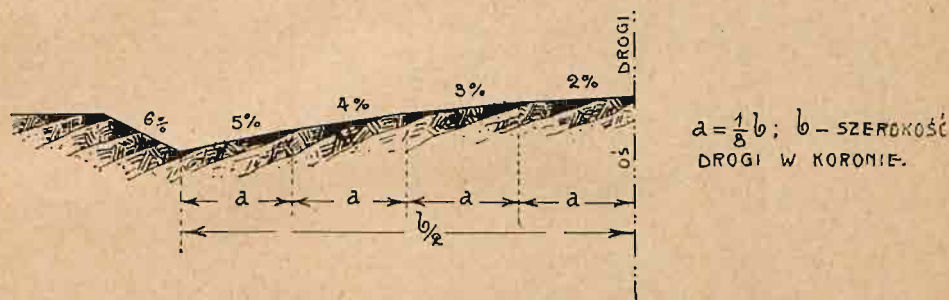


Fig. 79.

Powierzchnowe żwirowanie. Na wygładzonej i możliwie uwalcowanej drodze gruntowej nasypuje się warstwa żwiru szerokości od 3 do 6 metrów — w zależności od ruchu i grubości 15 — 20 cm z brzegu i 25 — 30 cm środkiem drogi. Żwir nasypuje się pomiędzy dwie równoległe postawione na kant deski, a rozstawione na szerokości, jaka ma być żwirowana; deski te potem się zdejmują i warstwie żwiru z brzegu nadaje się łagodny stok ku brzegom drogi.

Warstwę żwiru nasypuje się odrazu według zamierzonej grubości albo też nasypuje się stopniowo, warstwami, po kilka centymetrów grubości.

Ponieważ zwykle uwalcowanie żwiru pozostawia się ruchowi kołowemu, przeto nasypanie odrazu całej warstwy żwiru znacznie zwiększa opór, jaki okazuje świeżo wysypany żwir wrzynającym się weń kołom wozu; z drugiej strony grubsza warstwa żwiru ma tę dobrą stronę, że ją nie tak łatwo zdołają poprzeczynać koła wozów i mieszać z ziemią, przez co utworzy się powłoka sypka lub błotnista, a wogóle małej wartości. Ażeby to nie nastąpiło, należy tworzące się koleje i wyboje w świeżo nasypanej warstwie żwiru bezzwłocznie zarównywać.

Jeżeli drogę żwiruje się stopniowo, cienkimi warstwami, należy zwrócić uwagę, aby po nasypaniu pierwszej warstwy po drodze odbywał się tylko lekki ruch kołowy, gdyż ciężki spowodowałby poprzeczynanie cienkiej warstwy żwiru i fundamentu i wytworzyłby mieszaninę żwiru z gruntem, przez co droga straciłaby na wartości lub względnie wymagałaby odpowiedniego pogrubienia warstwy żwiru.

Dopiero po nasypianiu ostatniej warstwy żwiru może być dozwolony cięższy ruch kołowy bez narażenia żwiru na zmieszanie z ziemią, t. j. bez zmniejszenia wartości drogi żwirowej.

Rozsypywanie żwiru powinno odbywać się na odpowiednio przygotowanym fundamencie, t. j. po doprowadzeniu drogi gruntowej do wypukłego profilu amerykańskiego. Oczywiście fundament ten powinien być twardy i równy, ewentualnie uwalcowany.

Zwykle drogi żwirowe są ugniatane przy pomocy zwykłego ruchu kołowego; takie ugniatanie odbywa się powoli i często w warunkach niesprzyjających; należy w tym czasie zwracać pilną uwagę na regulowanie ruchu kołowego: aby się nie odbywał w jednej kolei, a po całej nawierzchni żwirowej; następnie cięższy ruch w czasie odwilży i roztopów powinien być znacznie zredukowany lub zupełnie zawieszony; należy w pierwszych czasach bez przerwy zarównywać powstające koleje i wyboje grabiami lub nawet włokami, przyczem wyboje należy zasypywać zapasowym żwirem, którego pewną, zależną od miejscowych warunków, ilość należy mieć zawsze pod ręką.

Wydatki na to ciągle podtrzymywanie w porządku warstwy żwirowej zawsze się sownie opłaca.

Jeżeli ma się do rozporządzenia odpowiednią siłę pociągową i walce, należy nawierzchnię żwirową uwalcować.

Walcowanie warstwy żwiru odrazu całkowicie nasypanej wymaga użycia do walców konnych większej siły pociągowej, względnie użycia lżejszych walców mechanicznych i dłuższego walcowania. Daleko racjonalniejsze jest walcowanie cienkich warstw żwiru jednej po drugiej.

Walcowanie żwiru odbywa się w taki sam sposób, jak nawierzchni szabrowej i rozpoczyna się od brzegów, które należy ugnieść z początku, poczem należy dopiero przejścia walca stopniowo przesuwając ku środkowi. Aby walcowanie żwiru dało dobre rezultaty, trzeba aby on był *wilgotny*, ale nie mokry; gdy jest suchy, przy walcowaniu tworzą się wyboje; gdy żwir jest mokry, oblepia się na walcu, wyrrywając z powierzchni całe płyty żwiru; najlepiej się ugniatą i tworzy zwięzłą masę wtedy, gdy jest wilgotny, dlatego też do walcowania powłoki żwirowej wybiera się czas, kiedy żwir jest wilgotny, lub też odpowiednio się go polewa wodą.

Do ugniatania żwiru przeważnie używają walców konnych możliwie ze zmiennem obciążeniem. W ostatnich czasach zaczęły wchodzić w użycie i okazały się praktycznymi dla tego celu lekkie walce motorowe o zmiennem obciążeniu.

Stałych norm walcowania wskazać nie można: ilość przejść walca, potrzebnych dla zupełnego ugniecenia powłoki żwirowej zależy od grubości powłoki, gatunku żwiru, lepiszcza, stopnia wilgotności, jakości fundamentu drogi i t. p.

Jako praktyczną wskazówkę granicę, do jakiej powinno być doprowadzone walcowanie, należy uznać wymaganie, aby koło wozu z ciężarem nie zagłębiało się więcej w żwirową powłoką jak $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ cm.

Warstwa świeżo nasypanego żwiru po uwalcowaniu lub ujeżdżeniu robi się znacznie cieńszą, a zato ściślejszą.

Za współczynnik uwalcowania można przyjąć około 0,66 t. j. z warstwy żwiru 15 cm. grubości tworzy się po uwalcowaniu powłoka żwirowa grubości około 10 cm.

Dla średniego ruchu kołowego i dla normalnych warunków pracy powłoki żwirowej wystarcza grubość tej warstwy w środku jezdni od 12 do 20 cm. po uwalcowaniu. Zastrzegamy się, że minimalna grubość powłoki żwirowej zależy od wielu miejscowych warunków, a mianowicie od właściwości gleby, gatunku żwiru, charakteru i napięcia ruchu kołowego, największego obciążenia kół oraz od staranności utrzymywania drogi.

Jeszcze jedna praktyczna wskazówka przy wykonywaniu nawierzchni żwirowej: jeżeli w żwirze jest sporo grubszego materiału i kamyków, należy przed narzuceniem warstwy żwiru oddzielić ten grubszy materiał i umieścić go pod spodem, a nawierzchn dać drobniejszy materiał; wogóle pod spód można dawać gorszy i grubszy materiał.

Korytowy sposób. Sposób ten różni się do powierzchniowego sposobu tem, że w jezdni drogi gruntowej przygotowuje się odpowiedniej głębokości koryto dla żwiru. Żwir ten jest nasypywany

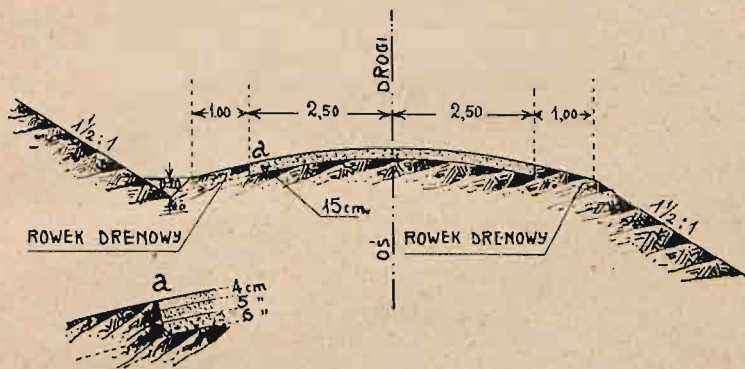


Fig. 80. Typ drogi żwirowej w Stanie Connecticut.

warstwami, które się ugniata przy pomocy walców. Najodpowiedniejsze do tego są lekkie walce motorowe, ponieważ przy konnych koryto jest uszkodzane przez konie, które kopytami mieszają ziemię z burt ze żwirem, zaś żwir rozrzucają po burcie.

Najpierw ugniata się niższą warstwę, przyczem nie należy kantu koryta ugniatać walcem, dopóki w korycie nie znajdą się wszystkie warstwy żwiru t. j. cała jego ilość. Kant koryta powinien być zrobiony z mocnego gruntu; czasami dobrze jest go zrobić z darniny, która trzyma się prostopadle i po ugnieceniu tworzy twardy bok.

Kant koryta ugniata się dopiero przy końcu walcowania; należy wtedy walcem zająć go tak, aby połowa walca była na warstwie żwiru, a druga połowa na burcie. Ponieważ przy walcowaniu burta czyli kant koryta się spłaszczy, należy przy pierwotnem formowaniu go przewidzieć tę okoliczność i zrobić przy kancie koryta burtę nieco wyższą.

Jeżeli gleba jest nieprzepuszczalna, należy przewidzieć w burtach urządzenie lejków drenowych w odstępach co kilka metrów, przez które ściekałby nadmiar wody z powłoki żwirowej.

Takie urządzenie jest konieczne, o ile powłoka żwirowa jest przesiąkliwa. Lejki te najlepiej mogą być zrobione z grubszego żwiru szerokości nie mniej, niż 20 — 30 cm, aby nie mogły być zadeptane lub zajeżdżone.

Jeżeli się porówna powierzchniowe żwirowanie z korytowem, należy przyznać pierwszemu, że jest prostsze, łatwiejsze do wykonania i odpowiedniejsze dla cięższego ruchu, ponieważ w razie potrzeby stopniowo można pogrubiać warstwę żwiru, nie deformując profilu poprzecznego, co przy drugim sposobie jest niemożliwe bez rozszerzenia powłoki żwirowej, przyczem na brzegach powłoka ta byłaby daleko słabsza niż bliżej środka.

Drugi sposób żwirowania jest zato ekonomiczniejszy pod względem zużycia żwiru, ponieważ mniej się go rozrzuca i mniej go potrzeba dla wykonania powłoki; sposób ten powinno się stosować z tego powodu wszędzie, gdzie żwir jest drogi.

Żwirowa droga obok gruntowej. Niektórzy specjaliści radzą urządzać równolegle dwie jezdnie: żwirowaną — obok zwykłej gruntowej. Pierwsza ma służyć dla czasu mokrego: wiosny, jesieni i częściowo zimy, druga dla lata. Takie urządzenie ma swoje dodatnie i swoje ujemne strony: dodatnią stronę stanowi możliwość korzystania w pewnym czasie z jezdni gruntowej, przez co się oszczędza jezdnię żwirową. Ujemną zaś stronę takiego urządzenia stanowi to, że podczas suszy lub wielkich deszczów przy ruchu kołowym w znacznym stopniu zanieczyszcza się jezdnię żwirową z boku, przylegającego do jezdni gruntowej, przez co jezdnię żwirową traci na trwałości.

Posadomienie dróg żwirowych. W żwirze znajduje się zwykle spory procent większych kamieni, które zwykle oddziela się i kładzie pod spód. Niektórzy drogowi inżynierowie sprzeciwiają się używaniu do dróg żwirowych żwiru zawierającego kamyki większe od 2—3 cm w średnicy na tej zasadzie, że pod wpływem działania mrozu i odwilży z jednej strony, a drgań, jakie mają miejsce w jezdni kołowej podczas ruchu kołowego — z drugiej strony, większe kamienie wysuwają się na wierzch, a drobne cząstki żwiru przesuwały się pod spód, jak w trzęsionem sicie.

Bez wątpienia zjawisko wydobywania się stopniowego na wierzch grubszych luźnych kamieni pod wpływem ruchu kołowego ma miejsce, ale z tego nie wynika, ażeby warstwa grubszych kamieni w posadzcie drogi żwirowej mogła wyjść na wierzch, jeżeli cała wolna przestrzeń pomiędzy nimi będzie wypełniona drobniejszym materiałem i lepiściej, a poza to cała warstwa będzie ugnieciona.

Doświadczenie pokazuje, że kamyki używane na dolną warstwę nie powinny mieć więcej niż 4—5 cm w średnicy.

Jeżeli żwir zawiera ziarna bardzo różniące się swoją wielkością, bardzo pożyteczną i zwykle opłacającą się rzeczą jest sortowanie żwiru podług wielkości ziaren przy pomocy zwykłych sit i zwykłego ręcznego przesiewania żwiru, lub też przy większych robotach przy pomocy mechanicznego przesiewania.

W takich razach należałoby przesiewać żwir przez trzy sita o okach 5, 3 i 1 cm w średnicy i otrzymywany żwir brać na dolną, średnią i wierzchnią warstwę drogi żwirowej.

Grubsze niż 5 cm w średnicy kamienie należy usuwać lub rozbijać na drobniejsze.

Drogi żwirowe w porównaniu do dróg gruntowych i szosowych. Wybór rodzaju nawierzchni drogi kołowej zależy od wielu miejscowych warunków. Wykonana z dobrego materiału starannie i racjonalnie pod względem technicznym droga żwirowa w wielu wypadkach może z powodzeniem zastąpić drogę szosowaną. Nie możemy tu wyznaczyć normy gęstości ruchu kołowego (wyznaczanej zwykle w ilości koni przechodzących przez dany punkt w ciągu doby), przy jakiej można dopuścić ze względów technicznych żwirowanie zamiast szosowania; zależy to w pierwszej linii od jakości żwiru, sposobu wykonania i ustroju jezdni, oraz staranności wykonania.

Celowość zastąpienia drogi bitej przez drogę żwirową najlepiej określić na zasadzie prób lub przeprowadzenia porównania istniejących dróg żwirowanych, zbudowanych w analogicznych warunkach.

Przy kalkulacjach powinny być brane pod uwagę: gęstość ruchu kołowego, współczynniki oporu ruchu nawierzchni szabrowej i żwirowej, koszt, a oprócz tego ta okoliczność, że drogi żwirowane mogą być budowane bez zaopatrywania się w drogie inwestycje, jak walce parowe, tłuczniarki i inne kosztowne maszyny.

Natomiast korzyść z zamiany drogi gruntowej na żwirową jest tak oczywista, że przy rozstrzyganiu kwestji o budowie drogi żwirowanej może być brany pod uwagę i decydować tylko koszt żwirowania.

Utrzymywanie dróg żwirowych. Zasada utrzymywania dróg żwirowych jest podobna do zasady, obowiązującej przy utrzymaniu dróg gruntowych: należy bez przerwy utrzymywać w porządku profil drogi wypukły, a powierzchnię drogi w stanie gładkim, uprzedzając tworzenie się kolein i wybojów przez natychmiastowe zarównywanie. W tym celu nawet znajdująca się w porządku droga żwirowa powinna mieć na burtach odpowiednią ilość zapasowego żwiru; ilość ta zależy od ogólnego stanu drogi, gęstości ruchu, jakości gleby i t. p.

Wszelkie uszkodzenia i nierówności jezdni, które nie mogą być zarównane zwykłymi grabiami, powinny być bez zwłoki usuwane przez dodanie z wierzchu nowego żwiru. Należy uważać, aby żwir ten nie zawierał zbyt grubych kamyków, gdyż te ze starą powłoką żwirową nie łatwo się zwiążą.

Żwir używany na reparację powinien być względnie drobny i zawierać lepiszcza nieco więcej, niż powłoka żwirowa, z której deszcze zwykle wypłukują część lepiszcza. Przed zasypaniem wyboju należy powierzchnię jego oczyścić od błota, względnie wzruszyć grabiami lub innemi narzędziami, aby nasypany świeżo żwir mógł się lepiej związać.

Niekiedy dla utrzymywania dróg żwirowych należy stosować polewanie wodą; robi się to w tych wypadkach, kiedy powłoka żwirowa, zawierająca glinę jako lepiszcze, pod wpływem suszy rozsycha się, pęka i psuje się; umiarkowane polewanie wodą zapobiega temu niepożądanemu zjawisku.

Ten sam skutek niekiedy osiąga się przez polewanie drogi żwirowej odpadkami nafty i preparatami smołowymi; próby robione dotychczas nie dały w stosunku do dróg żwirowych zbyt bogatego materiału i wymagają systematycznego badania.

Oprócz powyższych czynności, związanych z utrzymywaniem jezdni w stanie gładkim i twardym, należy dawać baczność, aby żwirowa powłoka, nie mająca takiej zwięzłości, jak np. powłoka szabrowa, nie rozsuwała się pod wpływem ruchu kołowego i nie przesuwiała się stopniowo ku ściekom. W tym celu należy stosować po deszczu równanie powierzchni drogi i odwrotne przesuwanie spęzłego na brzegi żwiru ku środkowi drogi przy pomocy włóków. Wreszcie na drogach żwirowych od czasu do czasu należy wykonywać nowe nasypki żwiru dla uzupełnienia potrzebnej grubości powłoki żwirowej, uszczuplonej częściowo przez ścieranie żwiru, częściowo przez wgniatanie go w grunt. Wykonywanie takich uzupełniających nasypek należy prowadzić warstwami 4—6 cm grubości po uprzednim starannym oczyszczeniu powierzchni drogi, zarównaniu znaczniejszych wybojów i wzruszeniu powierzchni za pomocą grabi lub oskardów.

Takie nasypki żwirowe powinny być, o ile to jest możliwym, uwalcowywane.

24. Wzmacnianie dróg piaskowych.

Gdy droga gruntowa przechodzi w gruntach względnie czysto piaskowych, staje się wtedy szczególnie trudną dla ruchu kołowego. Współczynnik oporu ruchu na drogach piaskowych wzrasta niezmiernie.

Opór ruchu powstaje skutkiem tego, że oddzielne ziarna piasku, nie będąc związane, sklejone pomiędzy sobą, pod ciśnieniem kół łatwo rozsuwają się na strony, skutkiem czego koła pogrążają się w piasek i to tem głębiej, im piasek jest czystszy, drobniejszy i suchszy.

W zależności do tych własności piasku stosują się sposoby ulepszenia dróg piaszczystych.

Ponieważ piaski, będąc w stanie wilgotnym lub mokrym (z wyjątkiem piasków ilastych), dopuszczają łatwiejszy ruch kołowy, bo oddzielne mokre ziarna piasku zlepiają się do pewnego stopnia i droga „trzyma kolej“, przeto nie należy dążyć do bardzo starannego osuszania drogi przechodzącej przez piaski; przeciwnie należy starać się utrzymywać jezdnię w stanie wilgotnym, trasując drogi gruntowe w gruntach piaszczystych wzdłuż miejscowości niższych, obsadzać jaknajwięcej drogę drzewami i krzakami, aby jaknajdłużej utrzymywać wilgoć w jezdni przez zabezpieczenie jej od osuszającego działania słońca i wiatrów. Oprócz tego spadające liście z drzew liściastych, gnijąc, tworzą na powierzchni warstwę próchnicy, dogodniejszą i mocniejszą dla jazdy niż piasek.

Jeżeli ruch na drogach piaszczystych jest względnie mały lub jeżeli droga jest względnie do ruchu szeroka, zaleca się obsiewanie powierzchni drogi trawą; piasek zarosły trawą lepiej znosi ruch kołowy, niż goły piasek; o ile darnina powierzchniowa zostaje przetrzymana przez koła, ruch kołowy może przenieść się na drugi pas drogi, zarosnięty trawą, a tymczasem pas drogi, który poprzednio pracował, będzie mógł odpoczywać i znowu zarastać.

Najwięcej celowym środkiem, dającym możność osiągnięcia powyższych rezultatów, jest dodanie do nawierzchni piaskowej odpowiedniej ilości gliny i utworzenie z tej mieszaniny nawierzchni piaskowo-gliniastej odpowiedniej grubości.

Grubość takiej piaskowo-gliniastej powłoki nie powinna wynosić przy ruchu słabym mniej niż 15 cm i powinna być odpowiednio większa dla cięższego ruchu.

Mieszanina piasku i gliny powinna być taka, aby glina wypełniała dokładnie przestrzeń pomiędzy oddzielnymi ziarnami, ale żeby jednocześnie one przylegały ściśle do siebie. Tylko przy zachowaniu tych warunków mieszanina piasku z gliną może utworzyć twardą i względnie mocną powłokę.

Praktycznie możemy określić potrzebną ilość gliny do utworzenia powłoki piaskowo-gliniastej w sposób następujący.

Badamy w próbie piasku zawartość znajdujacej się w nim gliny i znajdujemy stosunek objętości gliny do objętości piasku. Zawartość określić możemy przy pomocy znanego przyrządu *Schöne'go*. Następnie znajdujemy objętość wolnej przestrzeni pomiędzy ziarnami danej próbki piasku.

W tym celu do menzurki z wodą o objętości wody $a \text{ cm}^3$ wsypujemy określoną objętość przemytego ubitego piasku w ilości $b \text{ cm}^3$.

Jeżeli podziałka na menzurce wskaże, że objętość zajęta przez te dwa ciała wynosi $c \text{ cm}^3$, otrzymamy, że objętość wolnej przestrzeni dla danego piasku w czystym jego stanie wynosi $(b - c + a) \text{ cm}^3$; w stosunku procentowym $\frac{b - c + a}{b} \% = d \%$.

Jeżeli zawartość gliny w danym piasku wynosi $e \%$ wtedy dla utworzenia powłoki piaskowo-gliniastej trzeba dodać gliny $(d - e) \%$, albo przy objętości powłoki piaszczysto-gliniastej na 1 metr bieżący drogi $= A \text{ mtr}^2$ trzeba dodać $\frac{A(d - e)}{100} \text{ mtr}^2$ gliny.

Przeciętnie dla zapelnienia wolnej przestrzeni pomiędzy ziarnami piasku trzeba dodawać 25% gliny.

Mieszanie gliny z piaskiem powinno odbywać się w sposób następujący.

Na wygładzoną powierzchnię, piaskową drogi nasypuje się połowa lub trzecia część potrzebnej ilości gliny równą warstwą; na tę warstwę gliny nasypuje się odpowiednia warstwa piasku; na warstwę piasku znowu glina i t. d. dopóki się nie wysypie wszystkiej gliny.

Następnie doczekawszy się mokrej pogody przystępujemy do starannego mieszania warstw gliny i piasku przy pomocy talarzowych bron, używanych w rolnictwie, które w danym wypadku są nie do zastąpienia. Dokładne zmieszanie nie zawsze następuje odrazu; mieszanie, zawsze po deszczu, należy powtarzać dotąd, dopóki się nie utworzy jednolita mieszanina piaszczysto-gliniasta. Wtedy należy jej nadać odpowiedni wypukły profil poprzeczny i uwalcować.

Przygotowana w ten sposób powłoka stanowi dla niezbyt ciężkiego ruchu kołowego bardzo dogodną drogę.

Jak wszelka droga gruntowa wymaga ona ciągłej konserwacji i wszelkie zaniedbanie jej prowadzi do zniszczenia, a wtedy przeprowadzenie do porządku wymagać będzie znaczniejszych kosztów.

Jeżeli w pobliżu drogi piaskowej jest dobry żwir, wyźwirowanie drogi oczywiście będzie sposobem znacznie lepszym, niż wytworzenie nawierzchni piaskowo-gliniastej.

Przy bardzo sypkim piasku należy spodnią warstwę ułożyć z darniny, słomy, perzu, wrzosu lub drobnych gałązek, wiórów i t. p., co chroni warstwę gliniasto-piaszczystą od łatwego zmieszania się z piaskiem na podzie.

Jeżeli w pobliżu dróg piaszczystych nie ma gliny, zastąpić ją można do pewnego stopnia, ale z daleko gorszym wynikiem, ziemią próchnicową, torfem, darniną, którą można układać na płask lub sztorcem. *Pancer* *) bardzo poleca wzmacnianie piasków przy pomocy włóknistego torfu, kopanego w cegielkach i układanego warstwą 6 — 8 cali grubą, którą należy zasypać piaskiem na 2 cale. Taka torfowajezdnia przy słabym ruchu kołowym może wytrzymać 4 — 6 lat; powierzchnię da równą i twardą.

Zwrócić należy uwagę na często praktykowany sposób wzmacniania słabej jezdni dróg gruntowych za pomocą warstwy *wrzosu*, którego łodygi są dość mocne i stanowią niezły materiał dla wzmacniania dróg piaszczystych szczególnie gdy się do wrzosu doda odpowiednią ilość gliny.

Gdy się ma do rozporządzenia gęsty wrzos, można kopać darninę z takiego wrzosowiska i układać ją na powierzchni drogi piaskowej.

Drogi umocnione wrzosem mogą wytrzymywać słabszy ruch kołowy przez czas dłuższy.

Również dobrym materiałem dla wzmacniania miękkich dróg gruntowych jest perz z pól ornych, zbierany podczas bronowania.

Niekiedy dla wzmocnienia dróg piaskowych używane są gałęzie lub faszyna, niekiedy układane są całe pokłady z desek lub okrągłych dyli. Te ostatnie sposoby są bardzo drogie i mogą być stosowane w miejscowościach bardzo bogatych w drzewo; wogóle zaś ostatnie sposoby mogą być stosowane wtedy, kiedy jest wymagana wielka szybkość wykonania roboty np. w czasie wojny dla potrzeb armji.

25. Wzmacnianie dróg gliniastych.

Piaski i gleby piaskowe mają własność niepożądaną dla celów drogowych, a mianowicie sypkość w stanie suchym, powodującą utrudnienie ruchu kołowego.

Gliny i gleby gliniaste bliskie do glin mają własność niepożądaną w stanie mokrym: pod wpływem ruchu kołowego rozrzedzają się, stają się grzaskie.

Gdy na drogach piaskowych osuszanie jezdni nie jest wskazane, na drogach gliniastych, przeciwnie, osuszanie jest niezbędne, gdyż tylko suche drogi gliniaste są dobre dla ruchu kołowego.

Na osuszanie dróg gliniastych powinna być zwrócona pilna uwaga. Dobre osuszanie przy lżejszych glinach osiąga się przez założenie drenów, przy cięższych glinach dreny trudniej odciągają wodę i wtedy należy zwrócić uwagę na możliwie dokładne usuwanie

*) Budowa i utrzymanie dróg bitych i zwyczajnych. *F. Pancer* 1895

wody powierzchniowej przez nadanie więcej wypukłego profilu i przez staranne utrzymywanie powierzchni drogi. Jeżeli mimo to z powodu ruchu kołowego nie można utrzymać w porządku drogi, należy ją wzmocnić przy pomocy jednego z następujących sposobów w zależności od miejscowych warunków.

Mieszanina gliny z piaskiem. W wielu wypadkach wystarcza utworzenie na powierzchni drogi powłoki sztucznej z mieszaniny piasku i gliny. Ta mieszanina powinna być zrobiona na tych samych zasadach, na jakich urządza się powłokę piaszczysto-gliniastą na drogach piaszczystych. Po dokładnem zmieszaniu warstwa powinna być uwalcowana przy zachowaniu odpowiedniego poprzecznego profilu. Wszystkie uwagi przy urządzeniu dróg o nawierzchni piaszczysto-gliniastej na drogach piaszczystych powinny być brane pod uwagę przy urządzeniu takiejże nawierzchni na drogach gliniastych.

Robota powinna być i w tym wypadku wykonana *na mokro*, gdyż przy wykonaniu jej na sucho wynik może być mierny lub zgoła ujemny.

Faszynowana droga. Jeżeli powyższy sposób nie wystarcza, stosuje się sposób następujący: na przedtem sprofilowanej i wygładzonej drodze gliniastej kładzie się pokład drobnej i możliwie równej

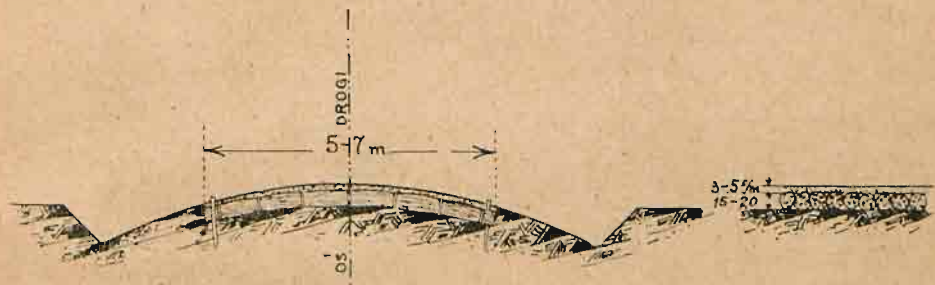


Fig 81. Droga faszynowana pęczkami faszyny.

faszyny, z wykliny. Grubość warstwy zależy od miejscowych warunków, w każdym razie minimalna grubość warstwy faszyny nie może wynosić mniej, niż 15 — 20 cm grubości. Warstwę faszyny albo się kładzie luźno ale starannie grubszyi końcami ku brzegom drogi, albo wiąże się w pęczki 6" — 9" średnicy (co jednak znacznie podraża robotę) i układa się ściśle jeden przy drugim, lub wreszcie kładzie się faszynę luźno w poprzek, przeplatając podłużnie wiciami w odstępach co $\frac{1}{2}$ — 1 mtr (fig. 82). Ten ostatni sposób jest znacznie tańszy niż poprzedni a zapobiega usuwaniu się i zbijaniu się faszyny przy ruchu kołowym.

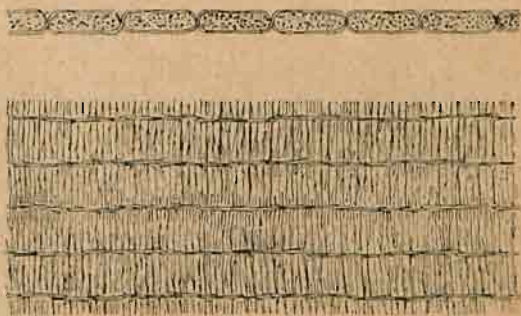


Fig 82. Przeplatanie faszyny podłużnemi wiciami.

Po zafaszynowaniu drogi, faszynę zasypuje się piaskiem możliwie gruboziarnistym tak, aby nad nią tworzył jeszcze warstwę 5—15 cm grubości.

Drogi gruntowe, wzmocnione w powyższy sposób, mogą wytrzymać względnie znaczny ruch wozów i nawet taborów wojskowych.

Przy silniejszym ruchu niekiedy zachodzi potrzeba układania faszyny w pęczkach w kilku rzędach (fig. 83) lub wreszcie, przy bra-

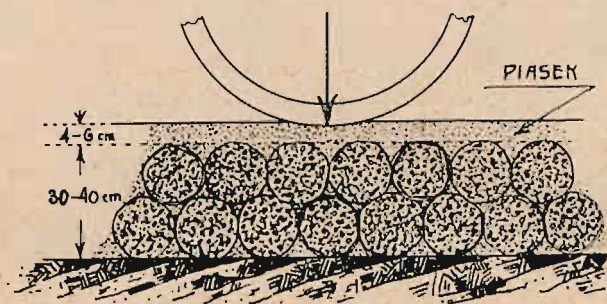


Fig. 83. Przekrój drogi faszynowanej dwoma rzędami pęczków faszynowych.

ku innych materiałów, lub przy pośpiechu, np. przy robotach wojennych, zamienia się warstwę faszyny pokładem z drągownicy czyli gacią. Drągi czyli dyle układają się napoprzek drogi, naprzemian cienkimi i grubymi końcami na kilku legarach, zasypanych piaskiem. (Fig. 84). Aby poszczególne drągi się nie trzęsły i nie wyskakiwały,

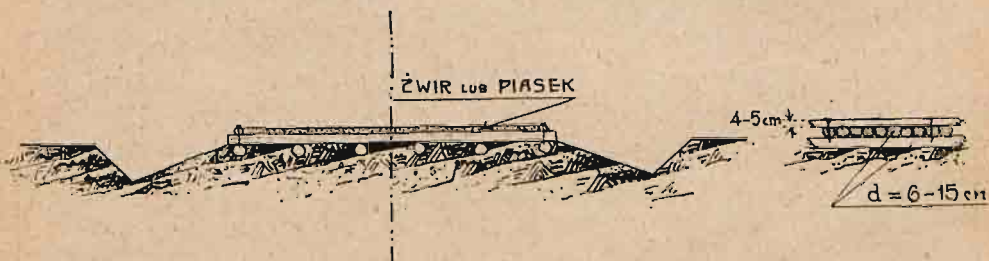


Fig. 84. Gac z dyli.

na brzegach przyciska się je dwoma darmolegami, które się mocno ściągają z leżącymi pod nimi legarami za pomocą bolców żelaznych lub drewnianych nagli. Aby ruch kołowy po takiej gaci nie był zbyt przykry, zasypuje się ją warstwą żwiru lub piasku grubości 5—6 cm; mimo to z czasem piasek przesypuje się i jazda po takich drogach robi się bardzo przykra. Mianowicie przy ruchu postępowym, w miarę przechodzenia z jednego dyła na drugi, koła wozów nabierają ruchu skaczącego. Jeżeli zaś dyle ułożą się nie prostopadle do osi drogi a pod kątem np. 10° — 20° do kierunku prostopadłego do osi drogi przy ruchu postępowym wóz nie nabiera ruchu skaczą-

cego, gdyż koła jednego półwozia nie przeskakują z jednego drąga na drugi jednocześnie, a w różnym czasie przez co wprowadzie wóz nabiera wahań poprzecznych, ale traci ruchy skaczące, szczególnie przykre i szkodliwe dla samochodów. (Fig. 85).

Wskazane na fig. 83 wzmocnienie daje drodze możliwość wytrzymania nawet bardzo silnego ruchu kołowego, np. taborów, artylerji, samochodów. Wzmocnienie takie wymaga, w razie silnego ruchu kołowego, ciągłej konserwacji.

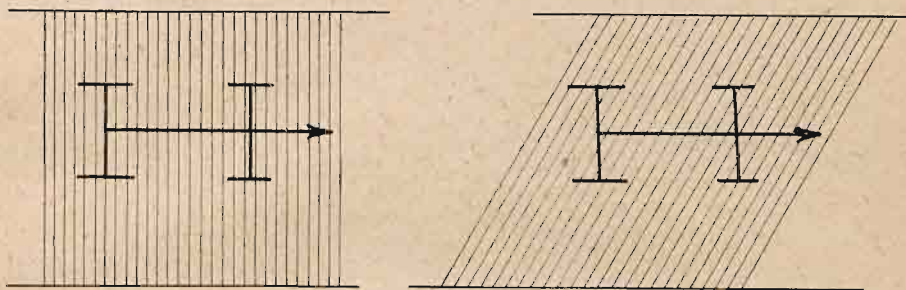


Fig. 85.

Powyższy sposób wzmacniania dróg gruntowych jest bardzo kosztowny, możebny tylko tam, gdzie jest pod ręką odpowiedni materiał leśny, ma charakter prowizoryczny i może być stosowany dla dróg wojennych, gdyż może być względnie szybko przeprowadzany.

Najlepiej się nadaje do tego rodzaju robót drógowina 3"—4"; jeżeli pod ręką jest grubszy materiał, wtedy dla zmniejszenia niedogodności jazdy należy podciosywać przynajmniej trzy boki, przez co powierzchnię drogi otrzymuje się gładzą i ruch wozów spokojniejszy. (Fig. 86).



Fig. 86. Gać z podciosanych dyli

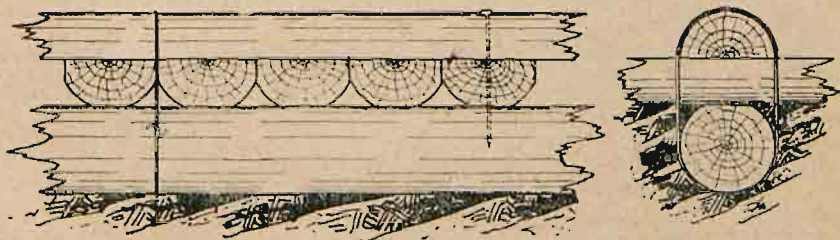


Fig. 87. Gać z bali.

Jeżeli pod ręką jest materiał tylko grubszy, o średnicy 6"—8", przecina go się nawpół i układa na legarach, jak wskazuje fig. 87.

Boki tych bali podciosuje się, a końce umocowuje między legarem i darmolegą możliwie mocno.

Ostatni sposób jest bardzo kosztowny, ale i drogę otrzymuje się bardzo mocną, odpowiednią dla ciężkiego ruchu samochodowego.

Niekiedy ze względu na oszczędność materiałów stosowano koleje z desek lub bali (fig. 88), przy czem x bierze się równem najmniejszej szerokości zestawu kół ciężarowego wozu, a y = największej szerokości zestawu kół ciężarowego samochodu.

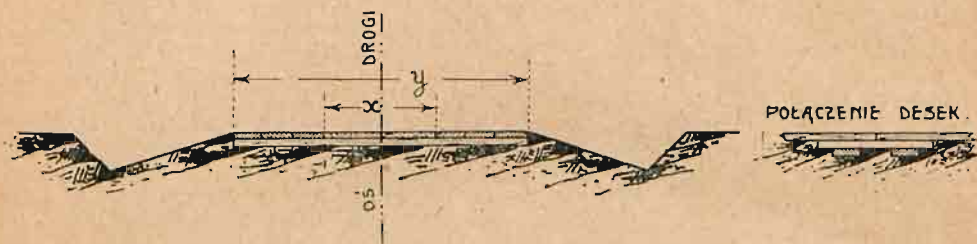


Fig. 88. Kolej z desek na drodze gruntowej.

Szyny drewniane są oparte na poprzecznych podkładach również z desek. Przy cięższym ruchu nie należy używać cieńszych desek niż 3—5 cm. Sposób ten z powodzeniem stosowany był dla robót drogowych wojennych; sądzimy, że niekiedy może mieć zastosowanie w gospodarstwie rolnem.

26. Wzmacnianie dróg na torfowiskach.

Grunty torfiaste dla dróg są zupełnie nieodpowiednie, gdyż ruch kołowy może się odbywać tylko wtedy, kiedy torf jest suchy; wtedy jest względnie twardy i daje mały opór jeździe. Za to gdy namoknie, bardzo łatwo przerzyna się kołami, które się wń zapadają i grzęzną. Z tego względu wzmocnienie nawierzchni musi być zrobione bardzo starannie: powłoka gliniasto-piaszczysta normalnej grubości 15—25 cm wystarczy w rzadkich wypadkach.

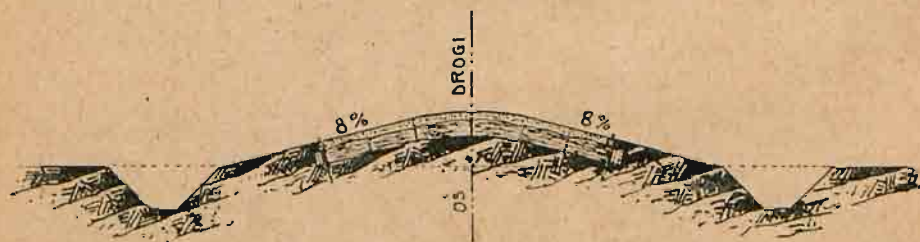


Fig. 89. Droga na torfowisku, wzmocniona faszyną.

Przy słabszym ruchu i względnie suchym gruncie wystarcza warstwa 30 cm faszyny, wiązanej pęczkami, zasypiana warstwą piasku lub żwiru (fig. 89). W takich wypadkach rowy boczne bywają konieczne. Przy cięższym ruchu kołowym w tymże wypadku można stosować gać (fig. 84).

Jeżeli torf należy do słabszych i mokrych i jezdnia może być wciskana w torf, należy stosować dwa i więcej rzędów faszyny wią-

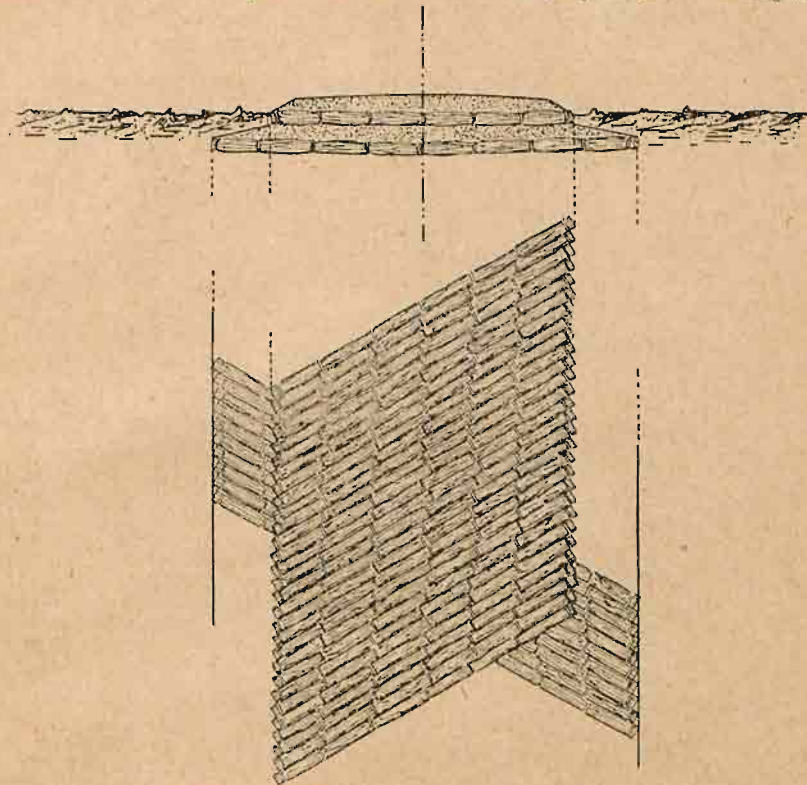


Fig. 90. Droga faszynowana na torfowisku.

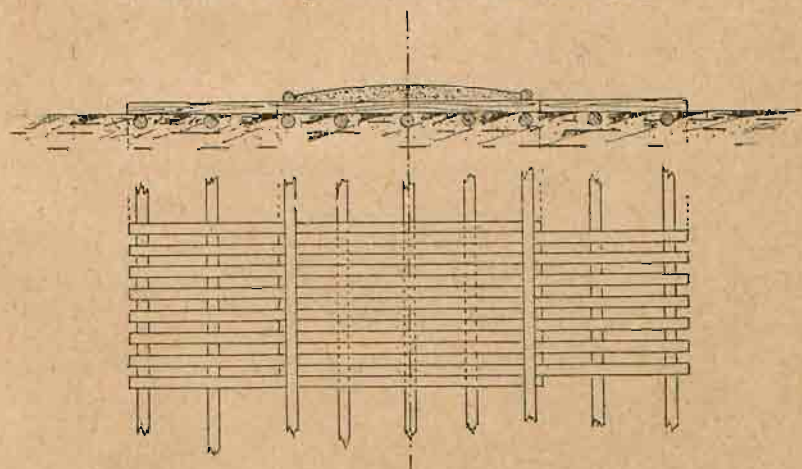


Fig. 91. Gać na torfowisku.

zanej z zasypką piaskiem lub żwirem (fig 90), przyczem dolna warstwa jest szersza, aby ciśnienie od ruchu i wagi samej jezdni rozkładało się na szerszą powierzchnię.

Wreszcie na torfowiskach można stosować gać z dragów o większej długości z wypuszczaniem na boki końców naprzemian to z jednej to z drugiej strony dla powiększenia powierzchni, na którą rozkłada się ciśnienie (Fig. 91).

Oto sposoby mniej lub więcej prowizoryczne przy przeprowadzaniu drogi przez grunty torfiaste. Wszystkie one ustępują przed groblą ziemną odpowiedniej wysokości, usypaną przez torfowisko, na której można urządzić taką lub inną jezdnię.

ROZDZIAŁ VI.

Układ dróg polowych.

27. Najwięcej zaniedbana jest u nas kategoria dróg polowych, łączących pola uprawne, łąki i lasy z ludzkimi siedzibami i mających znaczenie wyłącznie miejscowe, gospodarcze. Sieć tych dróg jest olbrzymia; ruch na tych drogach odbywa się stosunkowo słaby: jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę te straty ekonomiczne, jakie kraj ponosi skutkiem ich złego stanu, zmuszającego do znacznego redukowania ładunków wozów, sprawa przeprowadzenia tych dróg i utrzymywanie ich w porządku nabierze pierwszorzędnej wagi.

Wobec powyższego uważamy za wskazane poświęcić drogom polowym kilka słów.

Drogi polowe służą do przewożenia ziemiopłodów, drzewa z eksploatowanych lasów i t. p. Podzielić je można na dwie kategorie.

Do pierwszej kategorii dróg polowych należałoby zaliczyć drogi polowe, służące do komunikacji większego kompleksu pól z siedzibami ludzkimi lub ważniejszą arterią komunikacyjną.

Do drugiej kategorii dróg polowych zaliczyłyby należało drogi podjazdowe do poszczególnych pól.

Układ dróg polowych ostatniej kategorii zależy od formy i wielkości poszczególnych pól, a więc zależy od charakteru gospodarstwa rolnego i miejscowych warunków topograficznych. Najwięcej pożądana forma pól ornych jest prostokątna; szczególnie jest pożądana taka forma przy mechanicznej uprawie roli; w nierównej miejscowości trzeba robić odstępstwa od tej reguły; w tym wypadku granice pól określają miejscowe warunki topograficzne.

Każde pole powinno mieć przynajmniej jedną drogę dojazdową.

Przy przeprowadzaniu wszelkich melioracji rolnych jednocześnie powinny być przeprowadzane melioracje dróg polowych według dobrze obmyślonego projektu.

Praktyka Wirttembergi *) dowodzi, że przeciętna długość pól nie powinna być większa niż 150 — 200 mtr. W bliskości miast, przy większej intensywniej uprawie roli i przy małej własności ziemskiej,

*) C. Schmidt, „Feldweg und Waldwegbau“. Stuttgart 1906.

długość pól wynosić powinna nie więcej, jak 100—150 mtr. Przy dużej własności ziemskiej długość pól może wynosić 200 — 300 mtr. Stosunek długości do szerokości powinien wynosić nie mniej niż 10:1.

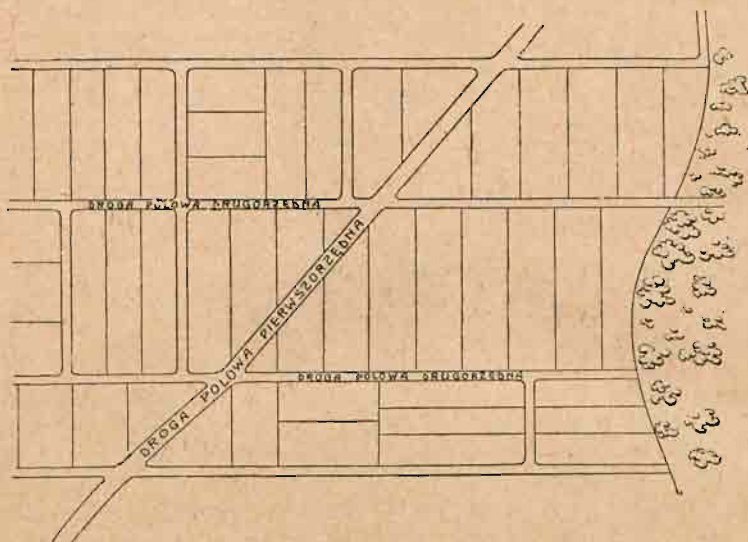


Fig. 92. Przykład sieci dróg polowych.

W zależności od wielkości pól znajduje się gęstość sieci dróg polowych. Sieć taka powinna być zaprojektowana jednocześnie z komasacją gruntów i melioracją nieużytków. Przy projektowaniu należy mieć na względzie, aby układ dróg był zrobiony racjonalnie, t. j. aby nie było zbyt wielu dróg, niepotrzebnie zmniejszających powierzchnię gruntu, i aby drogi były tak urządzone, żeby komunikacja ze wszystkimi polami była dogodna i najkrótsza.

Drogi polowe drugorzędne, służące dla dojazdu do poszczególnych pól, mają słaby ruch kołowy, ograniczający się do przewożenia ziemiopłodów z tych pól, oraz nawozów naturalnych lub pomocniczych na te pola. Drogi te mogą być jednotorowe i szerokość ich może wynosić 3—4 mtr. Wzniesienia na tych drogach mogą być daleko mniejsze niż na drogach polowych pierwszej kategorii i mogą nawet wynosić 10 do 15%.

Drogi polowe pierwszorzędne służą dla komunikacji osiedli ludzkich z całymi kompleksami pól. Ruch kołowy na nich jest daleko znaczniejszy, niż na drogach drugorzędnych, przeto wzniesienia powinny być daleko mniejsze i nie powinny przenosić 2 — 3% dla równiny, 5 — 8% dla miejscowości falistej i do 12% dla górzystej; szerokość powinna być koniecznie dwutorowa i powinna wynosić nie mniej niż 4—5 mtr. Drogi tej kategorii są niejako kolektorami ruchu z poszczególnych pól i powinny być trasowane z uwzględnieniem możliwie najkrótszego i najdogodniejszego kierunku.

ROZDZIAŁ VII.

Utrzymanie dróg gruntowych zimą i znakowanie dróg.

28. O utrzymaniu dróg gruntowych w czasie zimy.

Aczkolwiek zima w Polsce wogóle nie odznacza się surowością i dużą ilością śniegu, to jednak niektóre okolice kraju poważnie muszą się liczyć z plagą dróg kołowych, jaką są zaspasy śnieżne. Walka z nimi i ich unieszkodliwianie, to prawie jedyna robota na drogach kołowych w zimie.

Poświęcimy jej kilka słów, nie poruszając tu teorii zasp śnieżnych, jako przedmiotu zbyt specjalnego, przechodzącego ramy niniejszego zarysu.

Przedewszystkiem najczęściej na zaspasy narażone są odcinki drogi, znajdujące się w kierunku prostopadłym lub zbliżonym do prostopadłego, do kierunku panujących w danej okolicy wiatrów.

Względnie zaś do warunków miejscowych topograficznych najczęściej na utworzenie zasp narażone są miejsca przejść z nasypu do wykopu, na skraju lasów, małe wykopy i niewielkie nasypy. Większe wykopy niż 4 — 5 metrowej głębokości w naszych warunkach zasypane mogą być tylko wyjątkowo. Bardzo szybko mogą być zasypane wykopy do dwu metrów głębokości. Wysokie nasypy i głębokie wykopy można uznać dla naszych warunków za bezpieczne i nie grożące utworzeniem się zasp.

Mieszkańcy miejscowi dobrze znają miejscowe warunki i przedewszystkiem do nich należy zwrócić się po informacje co do miejsc najczęściej zagrożonych tworzeniem się zasp.

Gdy się posiada dokładne wiadomości co do możliwości tworzenia się zasp, należy, z początkiem zimy zabezpieczyć najczęściej niebezpieczne miejsca, przez ustawienie zabezpieczających osłon.

Osłony śniegowe mogą być stałe w postaci żywopłotów, którymi powinny być obsadzone miejsca, gdzie stale tworzą się zaspasy śniegowe lub też w postaci przenośnych płotów typu wskazanego na fig. 93.

Odległość ich od drogi zależy od wielu miejscowych warunków: siły panujących wiatrów, charakteru miejscowości, głębokości wykopów i t. p. W każdym razie osłony nie powinny być stawiane bliżej, niż 15 — 20 mtr od drogi; niekiedy odległość ta powiększa się do 30—40 mtr.

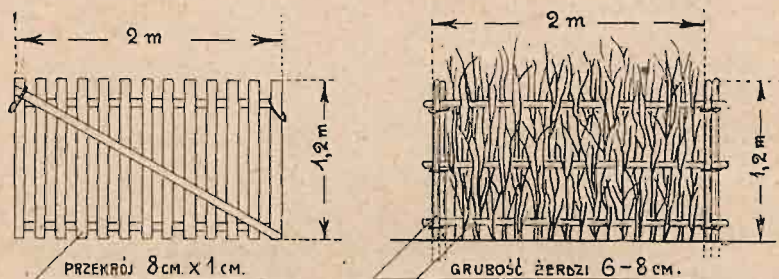


Fig. 93. Osłony śniegowe.

Często zachodzi potrzeba przestawiania osłon śniegowych, a mianowicie wtedy, gdy za nimi utworzy się wał śniegowy i osłona przestaje działać. Schematyczne przestawianie osłon przedstawione jest na fig. 94. Osłony przestawia się z położenia № 1 w położenie № 2, 3, 4 stopniowo, w miarę powiększenia się wału zatrzymanego śniegu.

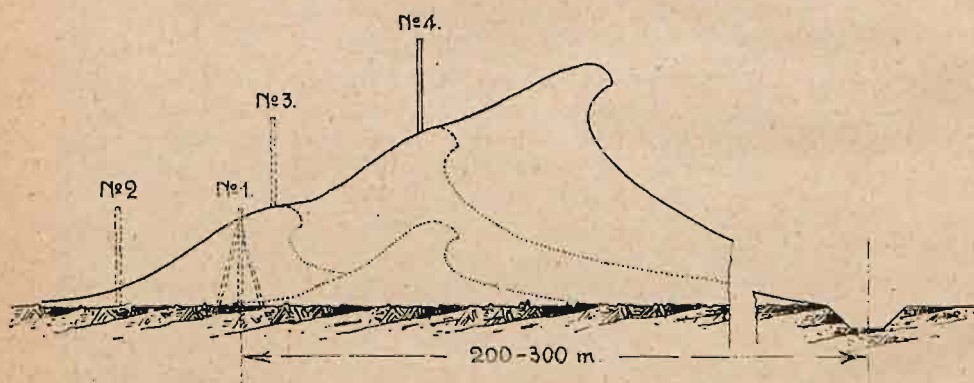


Fig. 94.

Zwykle zachodzi potrzeba obstawienia drogi tylko z jednej strony — od strony panujących wiatrów; rzadziej potrzeba drogę ogrodzić z obydwóch stron.

Jeżeli niema się do rozporządzenia osłon, można je zastąpić gałęziami drzew iglastych, które się wtyka w wały nasypane z nawianego śniegu.

Do oczyszczenia jezdni drogi od śniegu należy przystępować dopiero po zabezpieczeniu jej od zawiania przez ustawienie osłon w miejscach najniebezpieczniejszych.

Oczyszczanie to najlepiej wykonywać przy pomocy trójkątów drewnianych, przeciąganych po drodze i odgarniających śnieg na boki. Trójkąty takie mogą zgarniać śnieg świeży, nie zleżały; zleżały śnieg dobrze się zgarnia równaczami.

Trójkąt może być tak urządzony, że jeden jego bok może się przesuwać ku środkowi, aby dać możność wyminięcia spotkanych podwód (fig. 95)

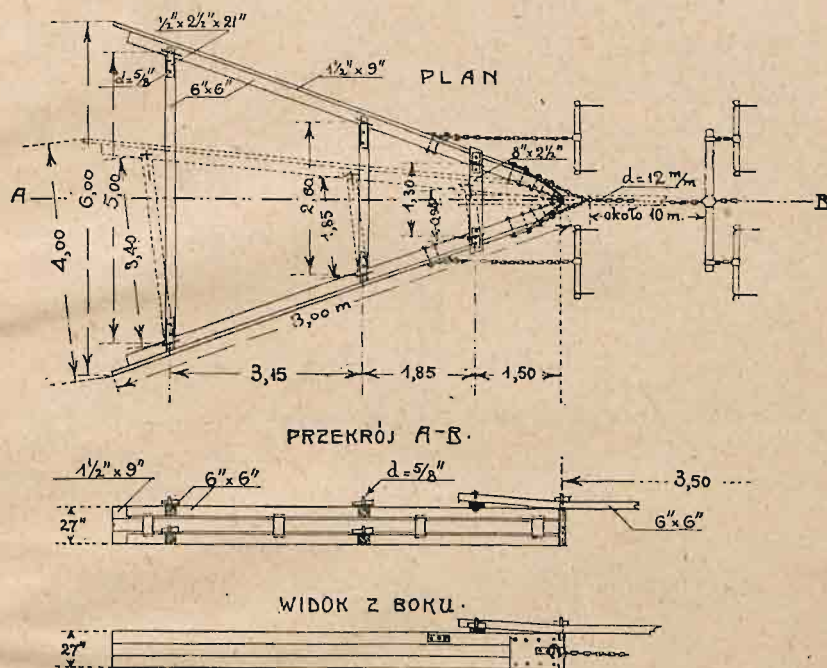


Fig. 95. Trójkąt do zgarniania śniegu.

Trójkąty takie są ciągnięte przez 6 — 10 koni. Jednym trójkątem w ciągu doby można oczyścić 15 — 20 kilometrów drogi przy grubości 6 — 12 cali. Po przejściu trójkąta z boków zostają waly zgarniętego śniegu, który należy natychmiast rozgarnąć, gdyż w przeciwnym razie przy pierwszej zawiei droga znowu będzie zawiana.

Gdy powierzchnia drogi gruntowej pokryta jest grubą warstwą zleżalego śniegu, w czasie odwilży mogą się tworzyć wyboje, dające się we znaki jadącym, a czasami wprost uniemożliwiające jazdę. Usunąć to niepożądane zjawisko może z łatwością przeprowadzenie kilkakrotne ciężkiego (np. zrobionego z kolejowych szyn) włoża.

Wreszcie do rzeczy, o których należy pamiętać w czasie zimy, jest zabezpieczenie małych mostków i przepustów od zapelnienia lodem, śniegiem i bacznie, aby w chwili roztopów mogły one spełniać swoje przeznaczenie, t. j. przepuszczać wodę.

Wtedy również służba drogowa powinna dać bacznie, aby wody, powstające z topniejących śniegów, jaknajprędzej odprowadzić w bok.

29. Znakowanie dróg gruntowych.

Drogi gruntowe stanowią te małe arterje, które łączą mniejsze siedziby ludzkie z większemi i doprowadzają ruch kołowy do arterji ważniejszych, przeważnie wybrukowanych i wyszosowanych. Drogi gruntowe, omijając różne przeszkody, są zwykle kręte i mają dużo rozgałęzień; tworzą one często taki labirynt, wśród którego tylko ludzie dobrze znający miejscowość mogą się zorientować. Trudno jest również na tych drogach orjentować się co do odległości.

Wobec powyższego niezbędną rzeczą jest opatrzyć nasze drogi gruntowe w odpowiednie drogowskazy. Na każdym przecięciu się dróg powinien być drogowskaz, któryby wskazywał kierunek wszystkich dróg i wymieniał dla każdego kierunku miejscowość nie tylko najbliższą, ale i dalszą, mającą większe znaczenie: większą wioskę, miasteczko, miasto.



Fig. 96. Wzór napisów na drogowskazach

Nie polecając takiej lub innej formy drogowskazu i materiału, z jakiego mają być zrobione, bo to zależy wyłącznie od miejscowych warunków, zauważymy, że drogowskazy powinny być zbudowane tak, aby były trwale i miały estetyczny wygląd. Typy drogowskazów, w zależności od materiałów, z jakich mają być zrobione, powinny być ustalone jednakowe dla całych okolic i zatwierdzone przed odpowiednie władze.

Dalej na drogach gruntowych powinny się znajdować słupy kilometrowe, przyczem powinna być przyjęta zasada, aby odległość na słupach kilometrowych była wskazywana do najbliższych znaczniejszych miejscowości (osad, miast, miasteczek).

Znaki kilometrowe powinny mieć numerację w kierunku od stolicy danej miejscowości. Wreszcie przy każdym moście i przepuszczeniu powinien znajdować się kamień z numerami danej budowli drogowej.

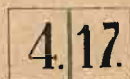


Fig. 97. Wzór napisu na słupie kilometr.

Wnioski.

W powyższym zarysie chcieliśmy dać obraz ogólny współczesnej techniki dróg gruntowych; zarys ten nie jest wyczerpujący i ma na celu jedynie to, aby przez zainteresowanie się odnośnych instytucyj sprawa dróg gruntowych w Polsce zepchnięta została z martwego punktu, na jakim się znajduje obecnie.

Pod względem zaopatrzenia w drogi kołowe Polska z byłego zaboru rosyjskiego przedstawia się rozpaczliwie: dróg szosowych jest bardzo mało; aby dojść do takiego stopnia zaopatrzenia w szosy, jak w Prusach, należy pobudować około 26,000 kilometrów szos, co może być uskutecznione w okresie zaledwie 40—50 letnim ze względu na koszty i potrzebę olbrzymiej ilości materiałów.

Przez dłuższy więc czas nawet niektóre względnie ważne kierunki dróg kołowych nie będą mogły być zaszosowane, nie mówiąc już o mniej ważnych drogach miejscowego znaczenia, które pozostaną jako gruntowe drogi przez czas nieokreślony.

Drogi gruntowe pozostawione są u nas w stanie zupełnie dzikim; jeżeli się je poprawia, to używa się takich pierwotnych i nieracjonalnych sposobów, które ostatecznie nie tylko że nie polepszają ich stanu, ale go często znakomicie pogarszają.

Najnowsze prądy w tej gałęzi techniki komunikacyjnej, które w Ameryce zdobyły sobie powszechne prawo obywatelstwa, do nas jeszcze nie dotarły.

Jak niesłychanie ważną rzeczą jest ulepszenie sieci dróg gruntowych, może przekonać następujące może niezbyt ściśle, chociaż bardzo ostrożnie zrobione obliczenie.

Przed wojną w posiadaniu rolników w b. Król. Kongresowem było około 1,200,000 koni; obecnie jest ich znacznie mniej, należy się jednak spodziewać, że kraj wkrótce do tej normy powróci.

Otóż jeżeli przypuścimy, że każdy z koni będących w posiadaniu rolników w ciągu roku tylko 100 dni zajęty jest przewożeniem ciężarów po drogach gruntowych, wtedy wartość roboty przewozowej, wykonywanej przez wszystkie konie przy cenie dziennego utrzymania koni wraz z woźnicą 10 mk., wyniesie

$$10 \times 100 \times 1,200,000 = 1,200,000,000 \text{ mk.}$$

Jak wspominaliśmy wyżej, drogi gruntowe ulepszone sposobem amerykańskim pozwalają na 3 — 5 krotnie większe obciążenie wozu w porównaniu z drogami będącymi w stanie dzikim.

Jeżeli przyjmiemy, że dzięki zwróceniu uwagi na stan dróg gruntowych stan ich polepszy się *przeciętnie* tylko o tyle, że pozwoli obciążać wozy dwukrotnie, wtedy powyższa robota przewozowa może być wykonana dwa razy prędzej i przeciętnie każdy koń będzie zajęty tylko 50 dni w roku. Da to na całą Kongresówkę oszczędność $50 \times 1,200,000 = 60,000,000$ dni roboczych, co przedstawia wartość 600,000,000 mk. rocznie. Robocizna ta może być użyta na inne roboty, które mają na celu podniesienie dobrobytu kraju.

Z wartości robocizny należy potrącić ewentualną wartość przeprowadzenia dróg gruntowych do porządku i koszt ciągłego utrzymania ich.

Ogólnej długości dróg gruntowych nie możemy podać nawet w przybliżeniu; przypuszczalną długość możemy wyprowadzić z powierzchni Kongresówki, równającej się około 127,000 kw. km; jeżeli przypuścimy, że na 1 km kwadratowy wypada 2 km dróg gruntowych, wtedy ogólna długość dróg tych wyniesie około 250,000 km.

Przyjmiemy koszt przyprowadzenia do porządku sposobami amerykańskimi 1 km = 1,000 mk., wtedy koszt ogólny wyniesie $250,000 \times 1,000 = 250,000,000$.

Czysta oszczędność na robociznie wyniesie więc

$$600,000,000 - 250,000,000 = 350,000,000 \text{ mk.}$$

Należy się spodziewać, że przy dobrze zorganizowanej gospodarce drogowej w latach następnych po wybudowaniu dróg gruntowych utrzymanie ich wynosić będzie znacznie taniej, niż w pierwszym roku.

Ta okoliczność znacznie podniesie wartość oszczędzonej robocizny koni. Zdaje się, że śmiało wartość oszczędności w robociznie sprzężaju można będzie obliczać na 500,000,000 mk.

Ponieważ w państwie Polskiem całą gospodarkę drogową będą prowadziły odnośnie organy samorządowe, a państwo będzie miało w swoich rękach jedynie nadzór nad tą gospodarką oraz obejmie kierunek techniczny i ogólną politykę drogową, przeto należy, aby Ministerstwo Robót Publicznych, które będzie zarządzać sprawami drogowymi, wzięło w swoje ręce inicjatywę w sprawie doprowadzania do porządku naszych dróg gruntowych.

W tym celu należy, aby Ministerstwo na koszt państwa przeprowadziło w różnych miejscowościach państwa szereg prób budowy i utrzymania dróg gruntowych sposobem amerykańskim.

W tym celu powinny być sprowadzone odpowiednie komplety maszyn drogowych, przyczem niektóre z kompletów (z trakeją mechaniczną), powinny być obliczone na większe zadania drogowe, inne (z trakeją konną) na mniejszy zakres działalności. Próby powinny być wykonane przez *wyspecjalizowanych w tej gałęzi techniki, a przede wszystkim zamożnych i sumiennych inżynierów i techników.*

Podkreślamy tu konieczność wyspecjalizowania oraz sumiennego traktowania i zamięlania kierowników i współpracowników tych próbnych robót, gdyż tylko zachowanie tych warunków będzie gwarantować dobry i miarodajny wynik prób.

Próby te powinny być wykonywane przy współudziale pewnej ilości inżynierów, techników i dozorców drogowych, powołanych przez Rząd Polski do wyspecjalizowania się w budowie i utrzymaniu dróg gruntowych sposobem amerykańskim; staną się oni cennymi instruktorami dla gmin lub powiatów, które chciałyby wprowadzić u siebie budowę i utrzymanie dróg kołowych sposobem amerykańskim.

Wyniki prób powinny być w należyty sposób opisane, ilustrowane i możliwie spopularyzowane.

Tereny dla przeprowadzenia prób powinny być wybrane różnorodne, aby drogi były budowane i utrzymywane w różnych glebach oraz przy różnych warunkach ruchu kołowego.

Osiągnięte rezultaty udogodnienia ruchu kołowego przez wybudowanie dróg kołowych amerykańskich powinny być przedstawione w cyfrach, dających pojęcie o zależności wyłożonych kosztów od osiągniętych korzyści skutkiem polepszenia stanu dróg kołowych.

Oprócz przeprowadzenia prób budowy i utrzymania dróg gruntowych amerykańskich w celu zdobycia miarodajnego materiału co do celowości zastosowania budowy i utrzymania dróg gruntowych amerykańskich na większą skalę, należy aby samorządy powiatowe, a właściwie jego organy techniczno-wykonawcze podjęły pracę zapoznania samorządów gminnych z głównymi zasadami współczesnej techniki budowy i utrzymania dróg gruntowych, aby dać możność gminom stosowania tych zasad w miarę potrzeby i posiadanych środków.

Powiatowi inżynierowie drogowi i technicy powinni stać się gorliwymi propagatorami nie potrzeby ulepszania dróg gruntowych, bo co do tego nie trzeba będzie przekonywać naszych Rad gminnych, doskonale sobie zdających sprawę z pożytku ulepszenia dróg, ale opisanych tu a nieznanych jeszcze naszemu ogółowi zasad współczesnej techniki budowy i utrzymania dróg gruntowych.

SPIS RZECZY.

	<i>Str.</i>
Wstęp	2
ROZDZIAŁ I.	
Podział i ogólna charakterystyka gruntów w stosunku do dróg kołowych.	
1. Podział gruntów	5
2. Grunty kamieniste	5
3. Grunty piaszczyste	6
4. Grunty pyłowo-gliniaste	8
5. Grunty próchnicowe	10
6. Sposoby badania gruntów	10
ROZDZIAŁ II.	
Zasady budowy i utrzymania dróg gruntowych sposobem amerykańskim.	
7 i 8. Uwagi ogólne	11
9. Profil podłużny i poprzeczny	16
10. Odwadnianie dróg gruntowych	21
11. Walcowanie dróg gruntowych	26
12. Utrzymywanie amerykańskich dróg gruntowych	27
ROZDZIAŁ III.	
Maszyny drogowe i ich zastosowanie.	
13. Maszyny do przygotowawczych robót ziemnych	29
14. Maszyny do profilowania dróg gruntowych (równacze)	35
15. Wykonywanie robót drogowych przy pomocy równaczy	41
16. Walce	46
17. Włoki	51
18. Traktory (Ciągniki)	59
19. Ogólne uwagi o pracy traktorów	64

ROZDZIAŁ IV.

Organizacja robót przy budowie i utrzymanie dróg gruntowych sposobem amerykańskim.

- | | |
|--|----|
| 20. Organizacja robót przy budowie nowych dróg | 67 |
| 21. Organizacja robót przy utrzymaniu dróg | 68 |

ROZDZIAŁ V.

Specjalne sposoby ulepszania dróg gruntowych.

- | | |
|--|----|
| 22. Uwagi ogólne | 71 |
| 23. Drogi żwirowane | 71 |
| 24. Wzmacnianie dróg piaskowych | 82 |
| 25. Wzmacnianie dróg gliniastych | 84 |
| 26. Wzmacnianie dróg na torfowiskach | 88 |

ROZDZIAŁ VI.

Układ dróg polowych.

- | | |
|----------------------------|----|
| 27. Uwagi ogólne | 91 |
|----------------------------|----|

ROZDZIAŁ VII.

Utrzymanie dróg gruntowych zimą i znakowanie dróg.

- | | |
|--|----|
| 28. O utrzymaniu dróg gruntowych w czasie zimy | 93 |
| 29. Zakowanie dróg gruntowych | 96 |
| Wnioski | 97 |



MP.4256

Literatura, oprócz wymienionej w tekście.

- I. O. Baker.* „A Treatise an Roads and Pavements“. New-York, 1907.
- C. E. Morrison.* „Highway Engineering“. New-York, 1908.
- Prof. G. D. Doubelir.* „Gruntowyja drogi“. Kijów, 1914.
- Stawomir Miklaszewski.* „Gleby ziem polskich“. Warszawa, 1912
- inż. Cz. Skotnicki.* „Badanie gruntu w polu dla celów meljoracyjnych“
- D. W. King.* „Primienienje dierewjannago utiuga na gruntowych drogach“
1915. Piotrogród. (tłomaczenie z ang., wydawnictwo rosyjskiego
Głównego Zarządu Rolnictwa).
- Good Roads.* Roczniki 1912, 1913 i 1914 r.
- H. Wietczinkin i W. Batiuszkow.* „Twirdyja gruntowyja drogi“. 1915, Pio-
trogród.
- „Postrojka gruntowych dorog maszyno-dorożnymi rotami“. Instrukeja
tajna Zarządu naczelnika inżynierów armji Południowo-Zacho-
dniego frontu (w jęz. rosyjskim)
- Earth Roads,* State of Ohio. Highway Depart. Bulb № 17, 1913.
- C. Schmid.* „Feldweg und Waldwegbau“. Stuttgart, 1906.
- Notatki i fotografie inż. *B. Nielubowicza.*