МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОСУШЕНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Обзорная информация

Москва 1970

gost.e-ecolog.ru

Министерство строительства и эксплуатации
автомобильных дорог РСФСР

ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОСУШЕНИЮ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Обзорная информация

Москва 1970

ОТ АВТОРОВ

Многолетний опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог в СССР показал, что прочность и срок службы дорожных одежд существенно зависят от осушения дорожных одежд и надежности регулирования поверхностного водоотвода.

Это подтверждает и накопленный большой опыт регулирования водно-теплового режима земляного полотна при помощи устройства различных конструкций дренажей в США, ФРГ, ГДР, Канаде, Чехословакии, Бельгии и других странах.

В последние 6-7 лет сотрудниками кафедры "Строительство и эксплуатация автомобильных дорог" МАДИ канд.техн.наук Е.И.Богатыревой, Ю.В.Байбаком и инж. Т.У.Абековым в творческом содружестве с главным инженером Управления строительства и ремонта автомобильных дорог Ярославской обл. инж. С.И.Ляк и начальником Даниловского ДЭУ инж. В.В.Шаховым на пучинистых участках автомобильной дороги Москва-Вологда (типичных для дорожной сети с заниженным земляным полотном Северо-Восточных районов Европейской части СССР) были исследованы различные конструкции дренажей.

Цель их устройства - повысить прочность дорожных одежд на существующей сети автомобильных дорог путем эффективного осушения верхней части земляного полотна. В частности, впервые на автомобильных дорогах СССР были применены керамзитовые трубофильтры из беспесчаного бетона, которые укладывались по краям проезжей части в ровики соответствующей глубины, называемые дренажами мелкого заложения.

Почти 4-летними наблюдениями установлено, что эти дренажи эффективнее осушают дорожные одежды и верхнюю часть земляного полотна, чем обычные дренажные устройства (сплошной песчаный слой, глубокие дренажи и т.д.). Кроме того, повышается не менее чем в 3 раза производительность строительных работ. Трубофильтры, по опыту Даниловского дорожно-строительного управления, успешно могут изготавливаться непосредственно на месте, на базе использования отходов местных керамзитобетонных заводов.

При серийном изготовлении трубофильтров стоимость устройства дренажей не выше их стоимости из асбестоцементных труб. Но основное преимущество применения фильтровых труб заключается в возможности использования местных мелких песков для устройства дренирующих слоев дорожных одежд.

Настоящие рекомендации составлены проф. докт.техн.наук А.Я.Тулаевым совместно с канд.техн.наук Ю.В.Байбаком и инж. Т.У.Абековым.

Поскольку рекомендации в таком виде по существу выпускаются у нас впервые, то, естественно, они не лишены недостатков. Авторы будут благодарны за все присланные замечания и пожелания по ним, которые просят направлять в Московский автомобильно-дорожный институт кафедре "Строительство и эксплуатация автомобильных дорог".

I. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ДРЕНИРУЮЩЕМ СЛОЕ

I.I. Назначение дренирующего слоя. Область применения

§ I. Дренирующим слоем называется конструктивный слой, укладываемый непосредственно на земляное полотно с целью осушения дорожной одежды и грунта верхней части самого земляного полотна в течение установленного срока его службы.

§ 2. Дренирующий слой, проектируемый в зависимости от природных условий местности, профиля земляного полотна и конструкции дорожной одежды, является объектом индивидуального проектирования.

§ 3. Дренирующий слой устраивают во всех связных грунтах:

а) на мокрых участках независимо от климатической зоны;

б) во П-Ш климатических зонах, при насыпях ниже, чем требуется по СНиП, нулевых отметках или выемках, а также при насыпях, удовлетворяющих требованиям СНиП, но на основаниях, устроенных из крупнопористых материалов: щебня или гравия, особенно представленных известняковыми горными породами (П-IУ катег.);

в) во П-Ш климатических зонах в населенных местах при наличии полос зеленых насаждений и газонов;

г) во П-IУ климатических зонах на участках с вогнутыми вертикальными кривыми и основаниях из крупнопористых материалов: щебня, гравия, металлургического кислого шлака и других отходов промышленности.

I.2. Расчетное значение удельного избытка свободной воды

§ 4. В дренирующий слой в зависимости от природных условий местности в расчетный период года поступает свободная вода в количестве, указанном в табл. I.

Таблица I

Приток воды в дренирующий слой при усовершенствованных типах покрытий

Тип увлажнения	Типы грунтов в климатических зонах								
	II			III			IУ		
	А и Б	В	Г	А и Б	В	Г	А и Б	В	Г
I	14 2,0	25 I,5	38 2,5	0	0	8 0,5	0	0	0
2	25 2,5	60 3,5	90 4,5	20 I,5	30 2	40 2,5	7 0,5	I2 0,5	70 I,5
3	60 3,0	90 5,5	II0 6,5	38 2,5	50 2,5	60 3,5	20 I,0	25 I,0	30 2,5

Примечания:

а) в числителе приведено общее количество воды Q л/м^2, поступающее за весенний период, в знаменателе – удельное ее количество, q л/м^2 в сутки;

б) при наличии газонов или разделительных полос, нулевом профиле земляного полотна во II зоне расчетные значения Q и q повышаются в I,5 раза при грунтах группы В и I,2 раза – группы Г ;

в) в районах Прибалтики независимо от типа увлажнения местности расчетные значения количества воды при грунтах групп В и Г следует принимать в I,25 раза больше, чем указано в таблице;

г) при насыпях, возведенных из грунтов группы Г высотой, выше требуемой по СНиП, во II зоне принимается q = I,5 л/м^2 в сутки и в III–IУ зонах q = I л/м^2 в сутки;

д) группы грунтов:

А – мелкие пески, легкие и тяжелые супеси;

Б – мелкие супеси, пески пылеватые;

В – суглинки и глины;

Г – пылеватые суглинки и пылеватые глины;

в) в местах вогнутых вертикальных кривых значения q и Q удваиваются.

§ 5. С целью уменьшения притока свободной воды необходимо, если это оправдано экономическим расчетом, предусматривать различные инженерные мероприятия, связанные с регулированием водно-теплового режима земляного полотна (возведение насыпей, устройство различных прослоек и теплоизоляторов, повышение поперечного уклона обочин, их укрепление и устройство краевых полос и т.д.).

В этих случаях удельный избыток воды q снижается до значений, указанных в пункте г примечания к табл.I.

П. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ

П.I. Понятие о методах проектирования

§ 6. Относительная влажность верхней части дренирующего слоя не должна превышать 65-70%,[x)] когда все пески сохраняют высокую прочность.

Настоящее требование осуществимо при проектировании дренирующего слоя путем:

а) осушения при помощи дренажей мелкого заложения или

б) поглощения всего количества воды, поступающей в корыто.

Осушение достигается удалением свободной воды из дренирующего слоя при помощи дренажей (метод осушения). Если количество воды, поступающей в корыто, полностью размещается в порах дренирующего слоя, то это соответствует методу поглощения.

Этот метод не применим на участках, характеризующихся значительной величиной Q (см. цифры, заключенные в рамку в табл. I).

---

x) Относительная влажность песка есть отношение естественной влажности к капиллярной влагоемкости при коэффициенте требуемой плотности $K_0 = 1{,}0$

§ 7. К материалам, применяемым для устройства дренирующего слоя на дорогах с усовершенствованными типами покрытий, предъявляют требования:

а) по коэффициенту фильтрации;

б) по модулю упругости при наибольшей возможной влажности.

§ 8. При проектировании дренирующего слоя по методу осушения в фильтрующем материале предъявляют более высокие требования к коэффициенту фильтрации, чем при расчете из условия поглощения.

Тем не менее, и в случае проектирования дренирующего слоя по методу поглощения коэффициент фильтрации должен быть $K \geqslant 2$ м/сутки[x] (при $K_0 = 1{,}0$).

§ 9. Независимо от применяемого метода проектирования общая толщина дренирующего слоя $h_д$ должна быть не меньше допустимой в нем глубины свободной воды h_{max} на величину $h_{зап}$, определяемую в зависимости от требуемого модуля упругости фильтрующего материала (рис. I).

$$h_д = h_{max} + h_{зап} \qquad (I)$$

Примечание. Крупность песков соответствует ГОСТу на пески для дорожных работ.

§ 10. Толщину подстилающего слоя, выполняющего и роль дренирующего слоя, принимают наибольшей после расчетов, произведенных из условий:

а) прочности;

б) допустимого морозного пучения;

в) осушения или поглощения.

§ 11. Для устройства дренирующего слоя следует шире применять прежде всего местные пески.

---

x) При меньшем значении К песков существенно повышается молекулярная влагоемкость и, наоборот, снижается прочностная их характеристика

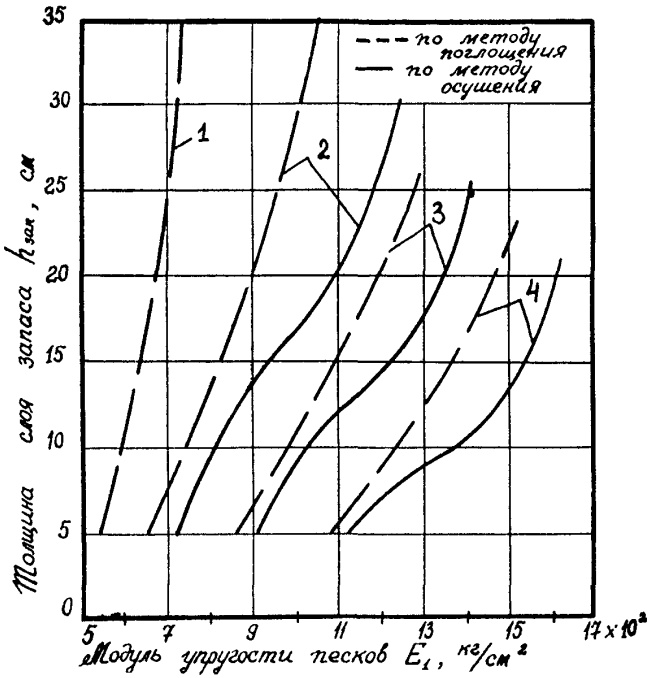


Рис. I. Зависимость запасной толщины слоя ($h_{зап}$) от требуемого модуля упругости песка (E_I)

I - очень мелкозернистый песок; 2 - мелкозернистый песок; 3 - среднезернистый песок; 4 - крупнозернистый песок

П.2. Метод осушения. Требования к качеству фильтрующего материала

§ 12. Требования к фильтрационной способности песков определяют в зависимости от модуля их упругости, удельного избытка воды, длины пути фильтрации и поперечного уклона корыта.

§ 13. При установившемся режиме, когда суточный приток воды в дренирующий слой (q) удаляется из него в ту же единицу времени, расчетное значение коэффициента фильтрации песков (К, м/сутки) связано прежде всего с допустимой глубиной фильтрационного потока (h_{max}, м), устанавливаемой из условия их прочности (по оси дороги).

С повышением величины h_{max} снижается расчетное значение К , но одновременно снижается и модуль упругости песков.

По допустимым значениям h_{max} , заданному пути фильтрации (ℓ , м) и поперечному уклону корыта для конкретных природных условий, оцениваемых притоком воды (q) в дренирующий слой, пользуясь расчетными номограммами (рис. 2), устанавливается величина вспомогательного коэффициента С :

$$C = \frac{q_p}{K} , \qquad (2)$$

где q_p – расчетное значение удельного притока воды ($q_p = q\ K_n\ K_3$);

K_n – коэффициент "пик", учитывающий установившийся режим работы дренирующего слоя;

K_3 – коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение коэффициента фильтрации материала дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги.

Зная величину коэффициента "С" и расчетные значения притока воды в корыто q_p, из выражения (2) определяют требуемый коэффициент фильтрации песков, допускаемых для устройства дренирующих слоев дорожных одежд.

Номограммы, помещенные на рис.2а и 2б, построены в соответствии с уравнениями применительно к установившемуся режиму фильтрационного потока воды в дренирующем слое.

§ I4. Значения коэффициента "пик" $K_п$ зависят от свойств грунта и условий увлажнения местности.

В районах П зоны на пылеватых супесях, пылеватых суглинках и пылеватых глинах, на участках 3-го типа увлажнения $K_п$ = I,5 ÷ I,7; для других грунтов $K_п$ = I,3 ÷ I,4; на участках 2-го типа увлажнения значения $K_п$ соответственно снижаются до $K_п$ = I,3 ÷ I,4 и $K_п$ = I,I ÷ I,2.

В районах Ш климатической зоны на участках 3-го типа увлажнения значения $K_п$ снижаются на I0%.

Во всех остальных случаях коэффициент $K_п$ = I,0.

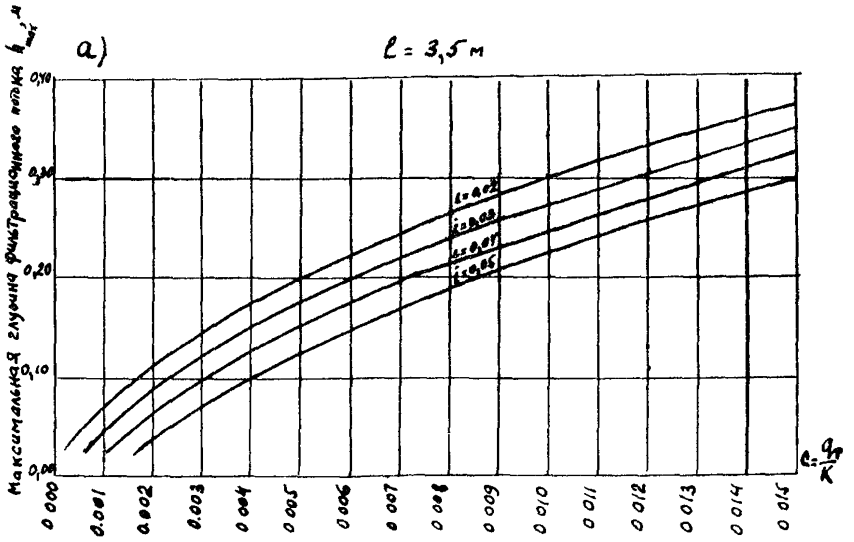


Рис.2а. Номограмма для расчета дренирующего слоя по методу осушения при пути фильтрации ℓ = 3,5 м;
i – поперечный уклон корыта.

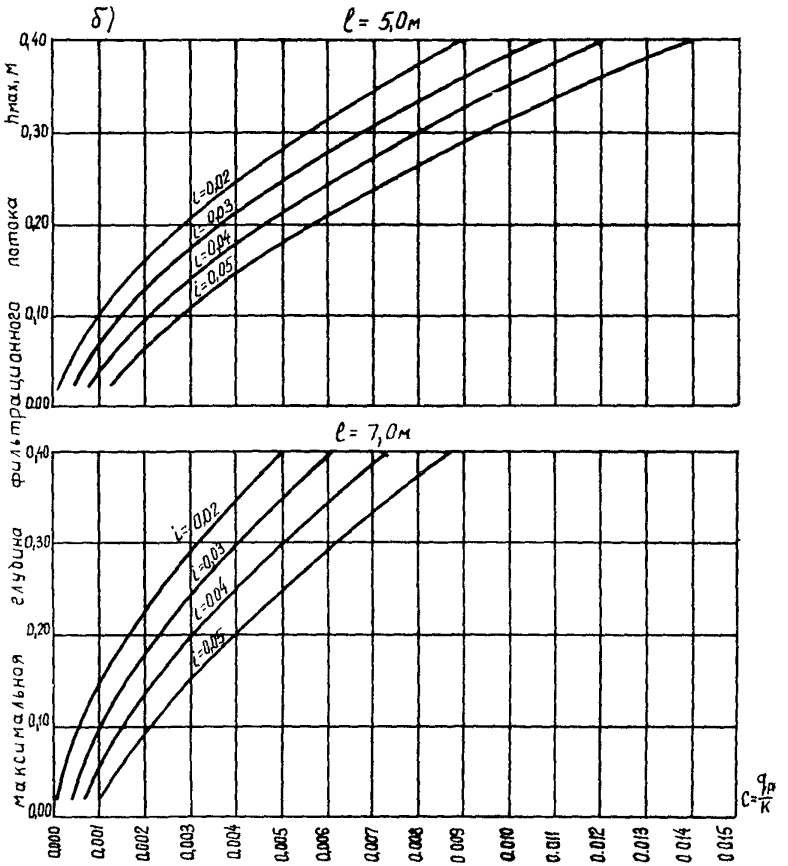


Рис.26.Номограмма для расчета дренирующего слоя по методу осушения при пути фильтрации ℓ = 5 м и 7 м.

§ 15. Значения коэффициента гидрологического запаса:

а) в районе II климатической зоны, при пылеватых суглинках и пылеватых глинах, на участках 3-го типа увлажнения $К_з$ = 1,3, а на участках 2-го типа увлажнения $К_з$ = 1,2;

б) в районе III климатической зоны соответственно $К_з$ = 1,2 и 1,1.

Примечание. При применении метода поглощения коэффициенты $К_п$ и $К_з$ не учитываются.

§ 16. С целью повышения водопропускной способности дренирующего слоя рекомендуется у нижнего края проезжей части устраивать ровики глубиной от дна корыта до низа внутренней поверхности трубчатой дрены: $h = 0{,}8h_к$ при мелкозернистых и $h = h_к$ при крупнозернистых песках (здесь $h_к$ – максимальная высота капиллярного поднятия материала, см. приложение 1). Такие ровики, называемые углубленными, существенно повышают водопропускную способность дренирующего слоя за счет учета фильтрации воды в капиллярной зоне (рис. 3).

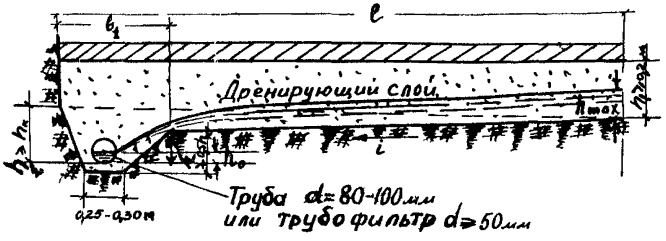


Рис. 3. Углубленный продольный ровик с трубчатой дреной, усиливающий процесс фильтрации воды в капиллярной зоне

§ I7. Устраивая продольные углубления-ровики, можно не менее чем на 25% снизить требования к расчетному значению коэффициента фильтрации песков по сравнению с величиной, определяемой согласно § I3.

В этом случае при учете фильтрации воды и в капиллярной зоне требуемое значение коэффициента фильтрации (К, м/сутки) составляет:

$$K = \frac{q_p \cdot \ell^2}{\Delta H(h_{cp} + \beta h_{зап})} \qquad (3)$$

где $\Delta H = (h - h_o) + (\ell - b_1)\, i + h_{max}$ – разность напоров, м;

ℓ – длина пути фильтрации, м;

i – поперечный уклон корыта;

h_o – глубина фильтрационного потока в местах сброса свободной воды, м;

b_1 и h – ширина (по верху) и глубина ровика от дна корыта до внутренней поверхности трубчатой дрены, м;

β – коэффициент расхода воды в капиллярной зоне (табл. 2).

При ширине проезжей части $B \leqslant 7$ м глубину ровиков (в дальнейшем называемых углубленными) принимают не менее $h \geqslant 0{,}25$ м, при В = I2 м $h \geqslant 0{,}4$ м. Ширина углубленных ровиков по дну не превышает 0,25–0,30м с заложением внутреннего откоса не круче I:I.

В ровиках обязательна укладка трубофильтров или дренажных труб с фильтровыми обсыпками.

П.3. Метод поглощения воды песчаным слоем

§ I8. При наличии местных песков с коэффициентом фильтрации К не менее, чем указано в § 8, одновременно удовлетворяющих и проектному значению модуля упругости, толщина песчаного слоя при переходных и облегченных усовершенствованных типах покрытий составляет(в см):

Таблица 2

Значения коэффициента расхода воды β в капиллярной зоне

Крупность песков	Значения β при отношении мощности фильтрационного потока воды в свободном виде h_{max} и капиллярном $h_{зап}$ x)									
	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0
Очень мелкий	0,85	0,75	0,66	0,58	0,5I	0,45	0,40	0,35	0,32	0,28
Мелкий	0,87	0,77	0,68	0,60	0,53	0,47	0,42	0,38	0,34	0,30
Средний	0,88	0,78	0,69	0,62	0,55	0,45	0,44	0,40	0,37	0,33
Крупный	0,89	0,79	0,70	0,63	0,57	0,5I	0,46	0,42	0,39	0,36

x) При $h_{зап} \leqslant h_к$ применяемого песка.

Если местные пески не удовлетворяют требованиям § I3, но коэффициент их фильтрации $K \geqslant 2$ м/сутки, то в технико-экономическом отношении обычно оправдывается устройство углубленных продольных ровиков, что позволяет отказаться от применения привозных, чаще всего дорогих по стоимости песков.

Таким образом, в каждом конкретном случае надлежит рассчитать, когда целесообразно устраивать углубленные ровики с использованием местных песков или привозных песков с более высокой фильтрующей способностью и большим модулем упругости по сравнению с местными песками.

$$h_g = \frac{Q}{q_3 - q_1} \qquad (4)$$

где $q_3 - q_1$ – количество свободной воды в л, поглощаемое песком на площади I м^2 при высоте слоя в I см (приложение 3).

§ I9. При капитальных типах покрытий, характеризующихся меньшими допустимыми упругими деформациями, чем облегченные, толщину песчаного слоя принимают согласно равенству (I) с учетом толщины слоя запаса ($h_{зап}$).

Значение (h_{max}, см) определяют по формуле:

$$h_{max} = \frac{Q - (q_2 - q_1) h_{зап} \cdot \varphi}{q_3 - q_1}, \qquad (5)$$

где ($q_2 - q_1$) – количество капиллярной воды, л, поглощаемое песчаным слоем площадью I м^2 и высотой I см (приложение 3);

φ – коэффициент заполнения пор водой в капиллярно-насыщенном слое песка (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициент заполнения пор φ водой в капиллярно-насыщенном слое песка

Крупность песков	Объемный вес $\gamma_{ск}$, г/см^3	Коэффициент фильтрации К, м/сутки	Средние значения φ при толщине $h_{зап}$ слоя, см					
			I0	I5	20	25	30	35
Очень мелкий	I,73	I-3	0,95	0,86	0,83	0,70	0,68	0,55
Мелкий	I,77	3-6	0,93	0,83	0,74	0,58	0,50	0,40
Средний	I,83	6-I0	0,90	0,79	0,67	0,49	–	–
Крупный	I,90	>I0	0,70	0,60	0,55	0,45	–	–

Примечание. Значения φ соответствуют запасной толщине, принимаемой по рис.I

§ 20. В случае $(q_2 - q_1) h_{зап} \varphi > Q$ расчетная толщина дренирующего слоя (см) составляет:

$$h_д = \frac{Q}{(q_2 - q_1)\varphi} \qquad (6)$$

§ 2I. Если местные пески не удовлетворяют требованиям § I3, то возможно их применение для возведения верхней части насыпи толщиной слоя 0,4-0,6 м (рис. 4), принимаемой в

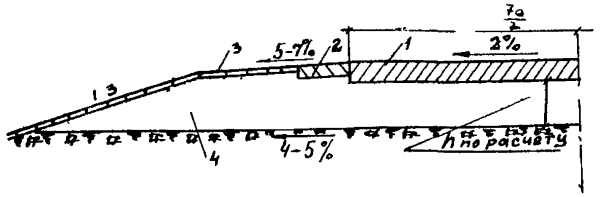


Рис. 4. Использование местных песков для отсыпки верхней части насыпи: I - дорожная одежда; 2 - укрепительная полоса; 3 - искусственно созданный травяной покров; 4 - песчаный грунт

зависимости от категории дороги, качества самого песка. В этом случае снижаются требования к качеству песков, и для II зоны $K \geqslant I$ м/сутки (при $K_0 = I,0$), а для III зоны $K \geqslant 0,5$ м/сутки.

Примечание:

а) толщина слоя, оправданная расчетом из условия поглощения, указана по оси проезжей части (считая от низа дорожного основания);

б) меньшее значение толщины слоя принимают при супесчаных и глинистых грунтах, а большее - при пылеватых: супесях, суглинках и глинах.

Ш. СПОСОБЫ СБРОСА ВОДЫ ИЗ ДРЕНИРУЮЩИХ СЛОЕВ

Ш.I. Классификация способов

§ 22. Воду из дренирующего слоя сбрасывают при помощи:

а) продольных трубчатых дренажей мелкого заложения;

б) трубчатых воронок;

в) поперечных дренажных прорезей мелкого заложения.

Выбор системы отвода воды из дренирующего слоя производят в зависимости от количества воды, поступающей в корыто (табл. I), ширины покрытия и обочин, качества фильтрующего материала, профиля земляного полотна и наличия подземных сооружений.

Перечисленные способы сброса воды из дренирующего слоя предусматривают использование труб различного качества.

Ш.2. Выбор труб

§ 23. Для отвода воды из дренирующего слоя применяют трубофильтры (рис. 5) и трубы: гончарные, асбестоцементные, бетонные, пластмассовые, стеклянные и другие.

За исключением трубофильтров, при остальных трубах требуется устройство фильтровых обсыпок, что связано с ручными работами.

§ 24. Трубофильтры изготавливают непосредственно на объектах строительства из беспесчаного цементобетона внутренним диаметром 50 и I00 мм и длиной блоков 500 и 825 мм. Толщина их стенок соответственно составляет 25 и 50 мм. Коэффициент фильтрации стенок трубофильтров $K \geqslant 200$ м/сутки.

Сопряжение звеньев трубофильтров диаметром $d = I00$ мм достигается сальцевыми соединениями в стыках (см.рис. 5), а

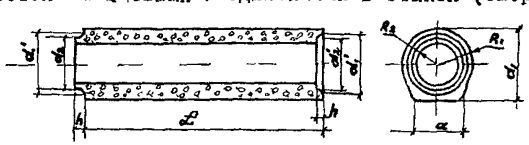


Рис. 5. Дренажный трубофильтр

диаметром 50 мм применением полиэтиленовых муфт-вкладышей (рис. 6). В этом случае стыки являются практически водонепроницаемыми и потому повышается срок службы дренажей; вода равномерно поступает в трубы через их стенки.

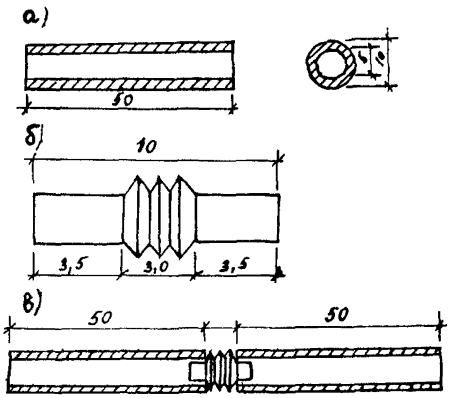


Рис. 6. Конструкция керамзитобетонных трубофильтров диаметром d = 50 мм: а) - разрезы звена; б) - общий вид полиэтиленовой муфты-вкладыша; в) - стык двух звеньев при помощи муфты-вкладыша

Фальцевые соединения являются менее совершенными, чем соединения с применением муфт-вкладышей.

§ 25. При использовании в агрессивных средах звенья трубофильтров предварительно опускают в горячий битум БНД-60/90 для создания защитного слоя из органического вяжущего.

§ 26. С целью повышения срока службы трубофильтров в агрессивных средах вместо цемента в качестве вяжущего применяют жидкое стекло (при керамзитовом заполнителе), с последующим его обжигом, или синтетические смолы (например, эпоксидные).

§ 27. Гончарные трубы изготавливают с длиной звена 330 мм и диаметром 50, 65, 75, 80, 100 мм и более. С увеличением диаметра труб снижается качество изготовления и возрастает процент их боя при перевозке и укладке на месте.

Желательно применять самоцентрирующиеся гончарные трубы, что предупреждает боковое смещение и гарантирует надежное скрепление стыков. Вода в гончарные трубы поступает через стыки.

§ 28. Асбестоцементные трубы в СССР изготавливают диаметром не менее 80 мм с длиной звена 3 м.

Повышение водоприемной способности дрен связано с перфорированием асбестоцементных труб.

Диаметр водоприемных отверстий не должен превышать 5-6 мм. Их просверливают в нижней половине трубы по два ряда с каждой ее стороны в шахматном порядке через 40-50 мм.

С той же целью через каждые 30-60 см делаются пропилы, равные $0{,}4\,d$ (где d - диаметр трубы).

Ширина пропилов - не более 1,5-2 мм.

§ 29. Пластмассовые трубы изготавливают двух типов: гибкие (шланги) - полиэтиленовые и жесткие (трубы) - поливинилхлоридные. При тонких стенках пластмассовые трубы характеризуются малой жесткостью, и потому необходимо применять гофрированные пластмассовые трубы с ребрами жесткости.

Вода в пластмассовые трубы поступает через круглые или щелистые водоприемные отверстия шириной не более 2 мм.

§ 30. Выбор труб для устройства дрен зависит от возможности их получения и условий работы дренажей (агрессивность среды).

§ 31. Наиболее дешевыми являются керамзитовые трубофильтры. Трубофильтры, изготовленные на основе жидкого стекла, не подвержены действию любых химических агентов.

Морозостойкость всех перечисленных труб достаточна для устроиства дренажей мелкого заложения, располагаемых обычно в зоне сезонного промерзания.

Надежность и долговечность дренажа при гончарных, асбестоцементных и стеклянных трубах зависит от качества фильтровых обсыпок.

Пластмассовые трубы серийно изготавливают с самозащищающимися водоприемными отверстиями, тогда нет надобности в устройстве фильтровых обсыпок.

§ 32. В районах с промерзанием земляного полотна глубже 0,8 м следует применять трубы $d \geq 80$ мм, а в более южных - $d \geqslant 50$ мм.

§ 33. На участках с откосами земляного полотна I:3 и положе целесообразно устраивать трубчатые воронки и поперечные прорези мелкого заложения с применением асбестоцементных труб. Длина каждого звена составляет 3 м, и потому крайнее звено при сопряжении с откосом земляного полотна является более устойчивым, чем при коротких звеньях (например, в гончарных трубах или трубофильтрах).

Ш.3. Сброс воды продольными трубчатыми дренами

Ш.3.А. Конструкции дрен

§ 34. На участках с количеством воды $q \geqslant 2{,}5\text{-}3$ л/м^2 в сутки, поступающей в корыто при продольном уклоне менее 2%, воду из дренирующего слоя сбрасывают продольными дренажами мелкого заложения (рис. 7).

§ 35. При двускатном поперечном профиле проезжей части шириной $B \geqslant 5{,}5$ м в населенных пунктах и выемках такие дренажи устраивают в 2 нитки (рис.7).

§ 36. При ширине проезжей части $B \leqslant 5{,}5$ м, а также на виражах, в горных или сильно холмистых районах и при устройстве

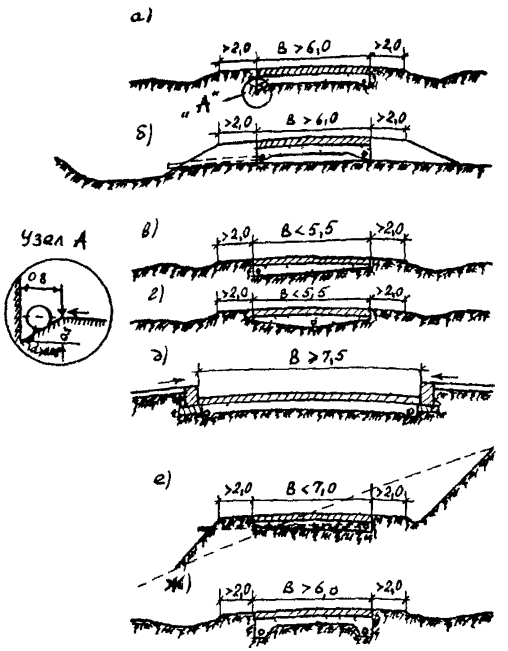


Рис. 7. Конструкция дренирующего слоя, осушаемого продольными трубчатыми дренами: а) - в нулевых местах при ширине покрытия B$\geq$ 6 м с устройством углубленных ровиков; б) - в насыпях при ширине покрытия B$\geq$6 м с устройством углубленных ровиков; в, г) - в нулевых местах при ширине покрытия B$\leq$ 5,5 м; д) - в населенных пунктах B$\geq$7,5 м с устройством углубленных ровиков; е) - на косогорах при ширине покрытия B<7,0 м; ж)- на пригородных дорогах при ширине B$\geq$ 6 м с устройством углубленных ровиков

дренирующего слоя из чистых среднезернистых и особенно крупнозернистых песков с коэффициентом фильтрации $K \geqslant 7$ м/сутки (при $K_0 = 1{,}0$) с целью экономии труб допускается укладка продольных дрен в одну нитку. Дну корыта придается односкатный поперечный уклон $i \geqslant 2\%$.

На участках с двускатной проезжей частью шириной $B \leqslant 5{,}5$ м возможно устройство продольной дрены по ее оси. Поперечный уклон корыта принимают $i \geqslant 3\%$.

§ 37. Продольные дренажи мелкого заложения, как правило, устраивают под покрытием проезжей части. При наличии бетонных краевых полос устройство дрен допускается и под ними.

§ 38. Для удаления воды из продольных дренажей мелкого заложения устраивают поперечные сбросы по возможности чаще, но не реже, чем через каждые $\ell = 250$–300 м (рис.8).

Сбросы также надлежит устраивать в местах вогнутых вертикальных кривых и сопряжения перестроенных участков с неперестроенными.

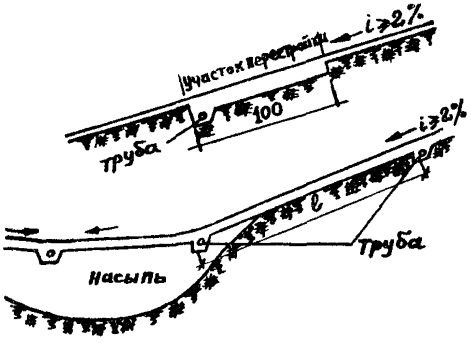


Рис. 8. Схема возможного размещения поперечных сбросов воды

При применении труб с короткими звеньями в пологих откосах земляного полотна требуется укладка крайнего звена из бетонной или асбестоцементной трубы, d = 150 мм.

На мокрых и сырых залесенных участках со значительным расходом воды следует применять конструкцию сброса, показанную на рис.9а. Если трава на откосах земляного полотна регулярно скашивается, то нужно применять крайнее звено со скосом (рис.9б).

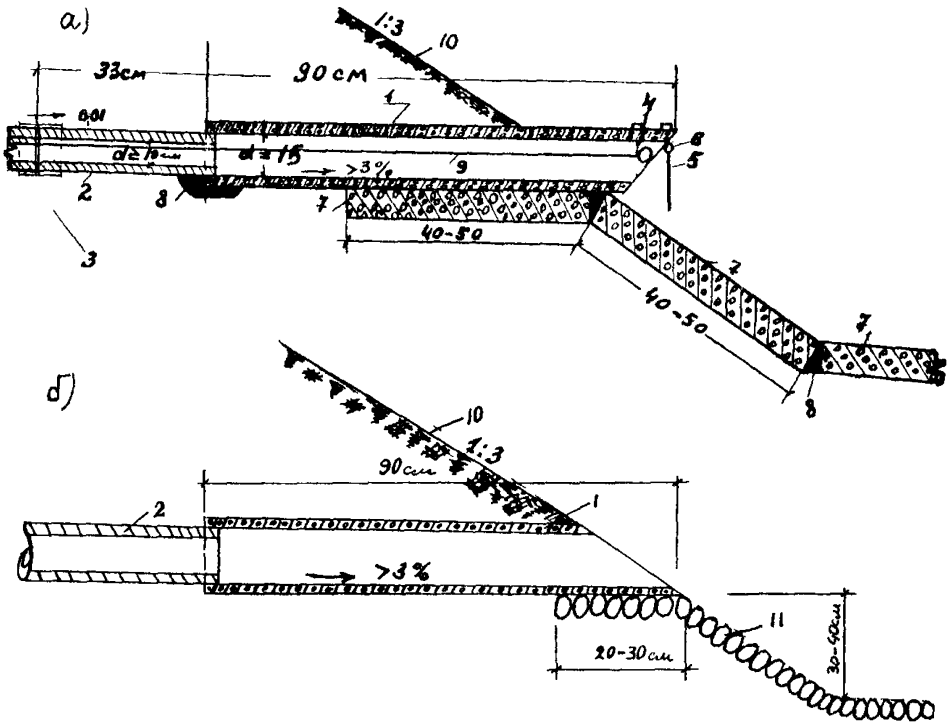


Рис. 9. Возможные конструкции сброса воды из продольных дренажей: а) - на залесенных участках со значительным расходом воды; б)- на участках, где скашивается трава на откосах земляного полотна (I - бетонная труба, d = = 15 см; 2 - гончарная труба, d = 8-10 см; 3 - стык гончарных труб; 4 - металлическая сетка; 5 - заслонка; 6 - шарнир; 7 - бетонные плиты; 8 - бетон; 9 - проволока; 10 - искусственный травяной покров; 11 - укрепление камнем или щебнем)

При применении длинномерных труб диаметром d =8–10 см, например, асбестоцементных существенно упрощается технология устройства поперечного сброса воды. На участках, где не производится механизированное скашивание травы, выходная часть асбестоцементной трубы должна выступать на длину не менее $2d$ по отношению к внутреннему откосу земляного полотна (рис. 10).

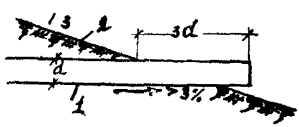


Рис. 10. Конструкция сброса воды из продольных дренажей мелкого заложения при применении асбестоцементных труб: 1 – труба d = 8–10 см; 2 – травяной покров.

Если для устройства дренажа применяются трубофильтры

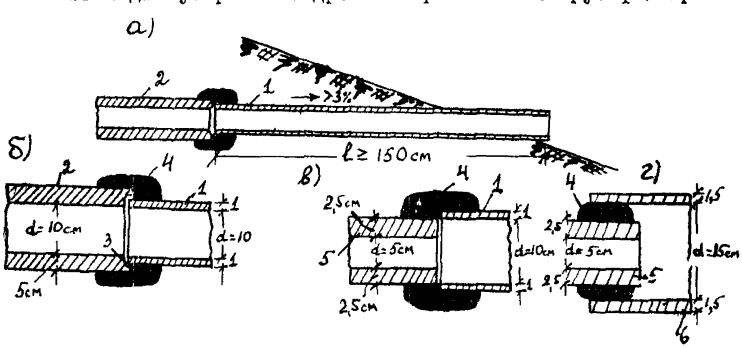


Рис. 11. Конструкции сопряжения трубофильтров с асбестоцементной трубой: а) – продольный разрез; б) – деталь сопряжения звена трубофильтра d = 10 см, имеющего торцевые фальцы с асбестоцементной трубой; в) – то же, но звено трубофильтра d = 5 см с асбестоцементной трубой d = 10 см; г) – то же, но с асбестоцементной трубой d = 15 см (1 – асбестоцементная труба, 2 – трубофильтр, d = 10 см; 3 – торец трубофильтра; 4 – заделка бетоном; 5 – трубофильтр с плоскими торцами d = 5 см; 6 – асбестоцементная труба d = 15 см)

с длиной каждого звена менее 82,5 см, то крайнее звено заменяется асбестоцементной трубой, что повышает устойчивость поперечного сброса (рис. II).

§ 39. При наличии водосточной сети воду из продольных дренажей мелкого заложения сбрасывают в водоприемники. В случае применения трубофильтров диаметром $d \geq 10$ см сопряжение с водоприемниками осуществляется при помощи асбестоцементной трубы $d = 10$ см. В этом случае уменьшается размер отверстий, пробиваемых в стенках водоприемников (рис. I2).

§ 40. Минимальный уклон продольных дрен принимают $i = 0{,}004$ при трубах $d \geq 80$ мм и $i = 0{,}005$ при трубах $d \geq 50$ мм.

При меньшем продольном уклоне предусматривается пинообразный профиль с минимальным уклоном $i \geq 0{,}004$.

Ш.3.Б. Конструкции стыков продольных дрен и расчет их количества

§ 4I. Степень осушения дренирующего слоя и срок службы продольных дренажей зависит от конструкции их стыков. Повышение пропускной способности дренирующего слоя сопровождается увеличением модуля его упругости.

§ 42. Стыки продольных дренажей устраивают трех типов (рис. I3):

открытые (I тип);

с фильтровой прерывистой обсыпкой (II тип);

со сплошной фильтровой обсыпкой (III тип).

§ 43. Назначение фильтровых обсыпок состоит в повышении водоприемной способности и срока службы дренажей.

§ 44. При мелкозернистых песках и коротких трубах с длиной звеньев менее 0,5–0,6 м, а также асбестоцементных трубах с пропилами применяют стыки III типа.

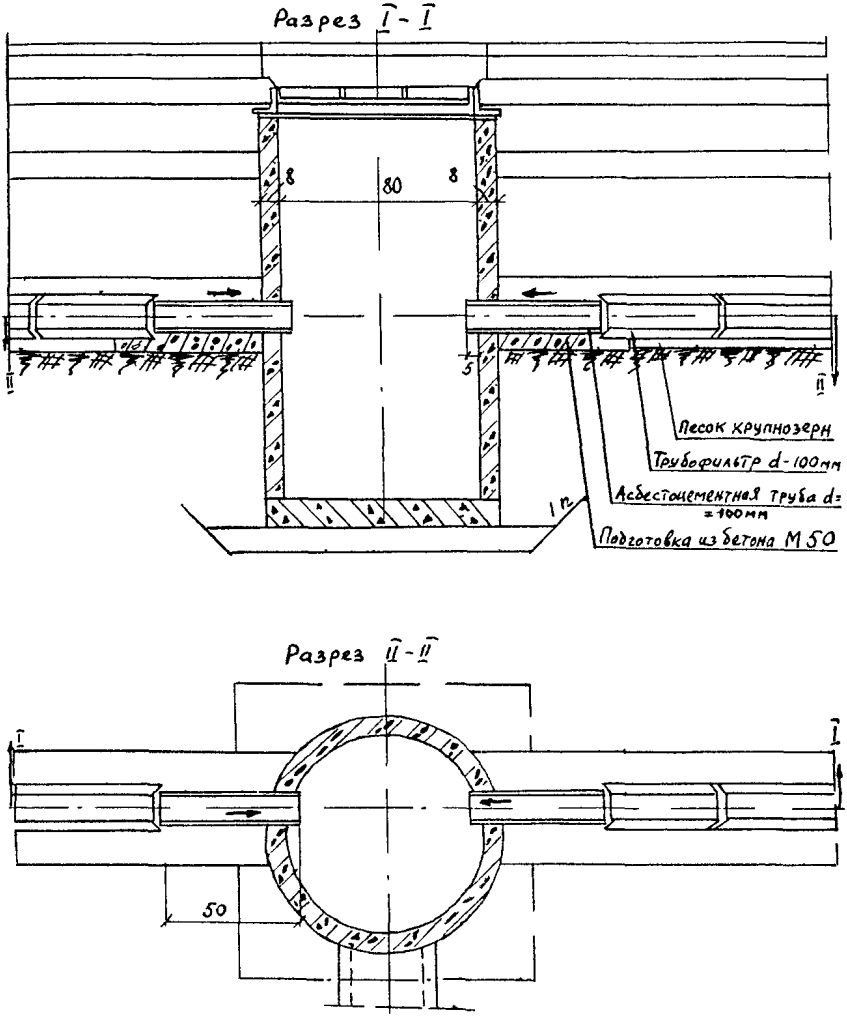


Рис. I2. Схема сброса воды из продольных дренажей мелкого заложения непосредственно в водоприемники(размеры в см)

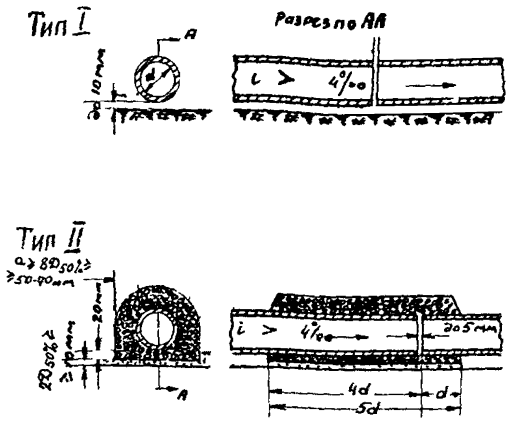


Рис. 13. Конструкции стыков продольных дренажей мелкого заложения: I тип - открытый стык; II тип - стык с прерывистой фильтровой обсыпкой

В случае чистых среднезернистых песков при использовании асбестоцементных труб без пропилов на участках с притоком воды $q < 3\text{-}4$ л/м^2 в сутки допускается устройство стыков II типа.

§ 45. На участках с таким же притоком воды в корыто, но при устройстве дренирующего слоя из чистых гравелистых или крупнозернистых песков, ракушки и других хорошо фильтрующих материалов возможно применение и стыков I типа с шириной зазора между звеньями (S) не более, чем указано в табл. 4.

Таблица 4

Допустимые зазоры S между звеньями труб при открытом (I-ом) типе стыков

Крупность песка	Значение S, мм
Гравелистый и крупнозернистый, однородный, чистый	до 6
Крупнозернистый, чистый, однородный	2,5-4
Среднезернистый	I,5-2,5
Мелкозернистый, чистый, однородный	до I,5

§ 46. На сырых и особенно мокрых участках с неоднородными свойствами грунтов, независимо от вида применяемых труб, стыки надлежит устраивать только III типа.

§ 47. Выбранный тип стыка проверяется расчетом из условия возможной его пропускной способности с учетом допустимой глубины фильтрационного потока по оси корыта h_{max} (табл. 5).

Таблица 5

Пропускная способность (Q_1, л/сутки) различных типов стыков

Характеристика песка			Слой фильтрующейся воды по оси корыта h_{max}, см	Значение Q_1 для типа стыков		Слой фильтрующейся воды по оси корыта h_{max}, см	Значение Q_1 для III типа стыков
крупность	возможный коэффициент фильтрации К, м/сутки	объемный вес δ, кг/см^3, не менее		I	II		
I	2	3	4	5	6	7	8
Крупный	> I3	I,85	до 5	II	25	до 5	55
"	"	"	I0	50	85	"	"
"	"	"	I5	I08	I68	"	"
"	"	"	20	I50	264	"	"

Продолжение табл. 5

I	2	3	4	5	6	7	8
Средний	6-I3	I,80	до 5	5	I7	до 5	30
			I0	I8	40		
			I5	4I	72		
Мелкий	3-6	I,76	до 5	3	8	до 5	22
			I0	8	20		

§ 48. Потребное количество стыков (N, шт) на I пог.м продольной трубчатой дрены составляет:

$$N = \frac{q_p B}{2 Q_1}, \qquad (7)$$

где q_p - расчетное значение удельного притока воды, л/м^2 в сутки;

B - ширина двускатного корыта, м;

Q_1 - пропускная способность выбранного типа стыков (табл. 5).

§ 49. Если длина труб (например, асбестоцементных или пластмассовых) превышает расчетное расстояние между стыками, то нарезают пропилы на высоту 0,5 d ; трубы укладывают пропилами вниз.

Ширину и водопропускную способность пропилов, как и стыков, принимают по таблицам 4 и 5.

§ 50. Если по расчету расстояние между стыками менее 0,6 м, то устраивают сплошную фильтровую обсыпку (Ш тип стыков). Но тогда повышается потребность в каменном материале по сравнению с П типом стыков (табл. 6).

Таблица 6

Расход каменного материала для устройства стыков продольных дренажей мелкого заложения

Тип стыка	Количество материалов, $м^3$	
	на 100 стыков	при асбестоцементных трубах из расчета на 1 км/нитки
II	1,75	11,0
III	-	60,0

III.3.В. Расчет фильтровых обсыпок

§ 51. К фильтровым обсыпкам предъявляют следующие требования:

- водопроницаемость фильтра должна быть выше водопроницаемости материала дренирующих слоев;
- частицы одного слоя фильтра (при многослойных фильтрах) не должны проникать через поры другого, более крупнозернистого слоя;
- фильтр не должен кольматироваться (заиливаться) и подвергаться суффозии;
- каменный материал должен быть морозостойким и однородным по крупности.

§ 52. При фильтровых обсыпках из рыхлых каменных материалов ширину зазора между звеньями труб определяют лишь условиями производства работ и принимают $\delta \leq$ 4-5 мм.

§ 53. Для устройства фильтровых обсыпок применяют каменный материал крупностью, установленной из условия предупреждения заиливания труб по формуле:

$$D_{50\%} \leqslant 50 d_{50\%}$$

где $D_{50\%}$ - диаметр зерен фильтровой обсыпки, количество которых составляет 50%;

$d_{50\%}$ - то же, но песка дренирующего слоя.

(Значения $D_{50\%}$ и $d_{50\%}$ принимаются по кривым гранулометрического состава каменного материала фильтровых обсыпок и песка дренирующего слоя, изображенным на графике в логарифмическом масштабе).

Практически для устройства однослойных фильтровых обсыпок применяют каменную мелочь или мелкий гравий размером 5-8 (10) мм. При применении чистых гравелистых или крупнозернистых песков допускается каменный материал и размером 5-15 мм.

Толщина однослойной обсыпки должна составлять $\alpha \geq 8D_{50\%}$.

§ 54. Трубофильтры с заданной водопроницаемостью проектируют, пользуясь зависимостью:

$$K^{\circ}_{тр} = 18{,}5n \qquad (8)$$

где $K^{\circ}_{тр}$ - коэффициент фильтрации стенок трубофильтра;

n - объемная пористость цементобетона;

$$n = 1 + \frac{\delta_з}{\delta_з \lambda} - Ц\left(\frac{1}{\delta_ц} + \frac{В}{Ц}\right), \qquad (9)$$

где $\delta_з$ и $\delta_ц$ - удельный вес заполнителя и цемента;

$\delta_з$ - объемный вес заполнителя насыпной плотности;

λ - коэффициент выхода бетона (λ = 0,83 - 0,91);

$В$ и $Ц$ - весовое количество воды и цемента.

В соответствии с формулами (8-9) подбирают состав бетона для изготовления трубофильтров с требуемым значением $K^{\circ}_{тр}$.

§ 55. Оптимальное соотношение водопроницаемости стенок трубофильтра $K^{\circ}_{тр}$ и материала дренирующего слоя Z находится в пределах:

$$80 \leqslant \frac{K^{\circ}_{тр}}{Z} \leqslant 120 \qquad (10)$$

Меньшее значение соответствует крупным пескам, большее - мелким.

§ 56. Продольные трубы дренажей необходимо укладывать на слой каменного материала фильтровой обсыпки толщиной $2D_{50\%}$, втрамбованного в грунт дна корыта.

Трубофильтры не допускается укладывать непосредственно на слой песка толщиной 2-3 см (в плотном теле), уплотненный при оптимальной влажности.

Ш.4. Сброс воды трубчатыми воронками

Ш.4.А. Конструкции воронок

§ 57. Трубчатые воронки устраивают лишь на насыпях высотой не менее 0,5 м при наличии песков с коэффициентом фильтрации $K \geqslant 5$ м/сутки и удельном притоке воды $q \leqslant 3$ л/м^2 в сутки (рис. I4). Угол воронок в плане относительно оси дороги назначается с учетом продольного уклона дороги:
90^0 - при $i \leqslant 20‰$; 80^0 - при $i \leq 40‰$ и 75^0 при $i \geqslant 60‰$.

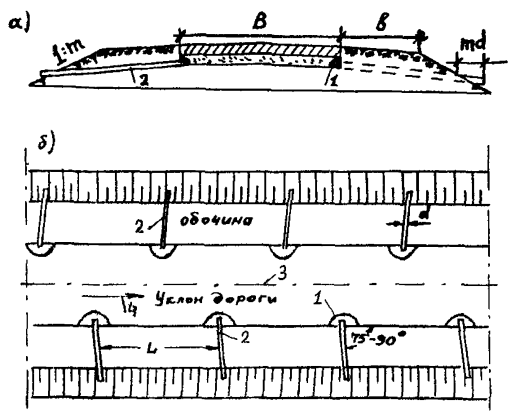


Рис. I4. Осушение дренирующего слоя трубчатыми воронками:
а) - поперечный профиль земляного полотна; *б)* - план размещения воронок;(I - приемная часть воронки;
2 - труба; 3 - ось дороги; 4 - продольный уклон)

§ 58. Пропускная способность воронок зависит от радиуса приемной их части и качества фильтровой обсыпки (рис. I5).

Чем больше радиус приемной части и чем качественнее песок, тем выше пропускная способность и срок службы воронок.

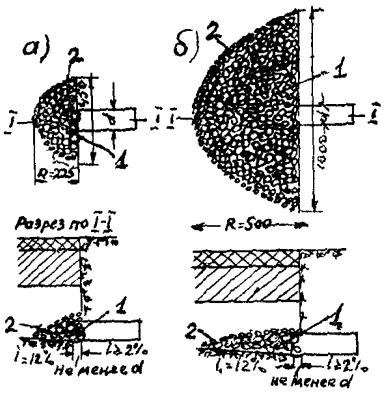


Рис. I5. Конструкция приемной части трубчатых воронок:
а)- I тип; б)- II тип; I - ядро приемной части;
2 - фильтровая обсыпка из мелкого каменного материала

§ 59. Приемную часть воронок устраивают радиусами R = = 0,23 м (I тип) и R = 0,5 м (II тип). При удельном притоке воды $q \leqslant 2$ л/м^2 в сутки и песках с К $\geqslant$ 5 м/сутки ограничиваются устройством приемной части I типа.

В случае большего значения q и особенно в песках с К $\geqslant$ 3 м/сутки целесообразнее применять воронки с приемной частью II типа.

§ 60. Ориентировочная пропускная способность каждого типа приемной части воронок при глубине фильтрационного потока (по оси корыта) не более 0,2 м и песках, удовлетворяющих требованиям § I3, приведена в табл. 7.

Таблица 7

Пропускная способность приемной части воронок Q_3

Тип приемной части	Радиус фильтровой обсыпки R, м	Значение Q_3, л/сутки, в зависимости от крупности песков		
		крупный	средний	мелкий
I	0,23	I00	50	I5
II	0,50	I25	75	35

§ 6I. Чем больше размер приемной части, тем выше эффективность действия воронок, но увеличивается потребность в каменном материале.

Таблица 8

Потребность в каменном материале ($м^3$) для устройства приемной части I00 трубчатых воронок

Тип приемной части	Каменный материал	
	гравий или щебень размером 20–40, 40–70 мм	каменная мелочь или гравий размером 5–8 (I0) мм
I	2,0	I,0
II	4,0	2,0

§ 62. Приемную часть воронок устраивают, как правило, под покрытием проезжей части. Если же дренирующий слой предусматривается и на ширине граничных бетонных полос, то допускается устройство приемной части и под этими полосами.

Верхний конец трубы воронки на длину не менее одного диаметра должен входить в приемную часть воронок. Тогда снижается разрыв во времени между оттаиванием дренирующего слоя по оси проезжей части и началом работы воронок.

§ 63. Ядро приемной части воронки / рис. I5 / устраивают из чистого морозостойкого однородного по крупности щебня или гравия размером 20–40, 40–70 мм (коэффициент равномерности менее I,5) с обсыпкой снизу и сверху каменным материалом размером 5-8(I0) мм. При крупнозернистых песках возможно применение и более крупного каменного материала размером 5–I5 мм.

Толщину слоя фильтровой обсыпки принимают $\alpha \geq 6D_{50\%}$.

§ 64. Нижний конец воронки должен выступать относительно внутреннего откоса земляного полотна на расстояние, равное не менее 2 диаметрам трубы.

В районах, где травяной покров на обочинах регулярно скашивается, последнее звено срезается под углом, соответствующим заложению внутреннего откоса земляного полотна / рис. 9б /.

§ 65. С целью устранения возможности раздавливания гончарных труб диаметром $\geqslant$80 мм глубина их укладки на обочинах должна быть не менее 0,4 м(считая от верха звеньев труб).

Ш.4.Б. Расчет расстояний между трубчатыми воронками

§ 66. Расстояния между воронками рассчитывают по номограммам, исходя из условия, что отводится только свободная вода (рис. I6).

При пользовании номограммами необходимо знать:

а) коэффициент фильтрации К песка дренирующего слоя (см. § I3);

б) расчетное значение удельного притока свободной воды (q_p, см. формулу 2);

в) расчетную глубину фильтрующего потока свободной воды ($h_з$) между воронками, у края проезжей части, м.

При крупнозернистых и среднезернистых песках значение $h_з$ составляет:

$$h_з = 0{,}5h_q + h \quad , \qquad \text{(IIа)}$$

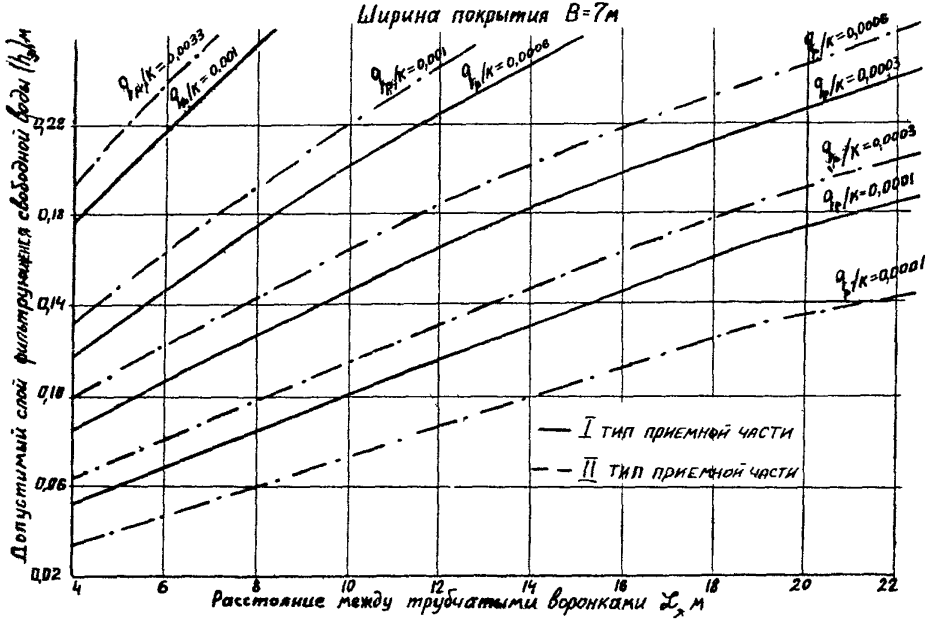


Рис. I6а. Номограмма для определения расстояния между трубчатыми воронками при ширине покрытия B = 7,0 м; K – коэффициент фильтрации, м/сутки; $q_{пр}$ – расчетное значение удельного притока свободной воды, поступающей в дренирующий слой из расчета на I м^2 его поверхности, м^3/сутки

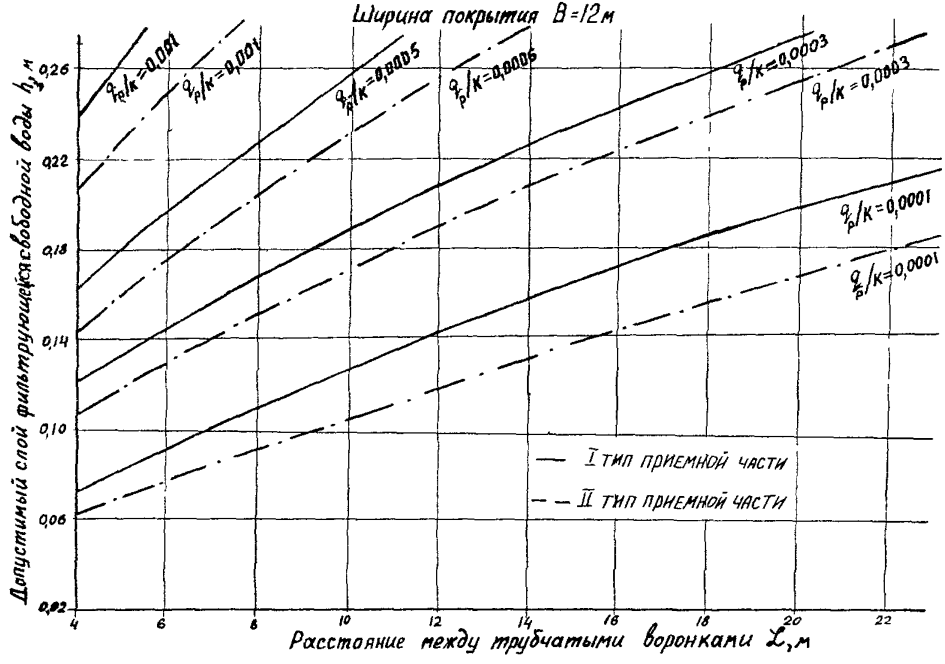


Рис. 16б. Номограмма для определения расстояния между трубчатыми воронками при ширине покрытия B = 12,0 м: K – коэффициент фильтрации, м/сутки; q_p – рассчетное значение удельного притока свободной воды, поступающей в дренирующий слой из расчета на I $м^2$ его поверхности, $м^3$/сутки

где h – глубина продольного ровика по краям корыта, м;
$h_д$ – толщина дренирующего слоя (по оси дороги, м), принимаемая по расчету из условия прочности и допустимого морозного пучения дорожной одежды.

В случае мелкозернистых песков и усовершенствованных покрытий капитального типа:

$$h_з \leqslant h + \left(\frac{B}{2} - 0{,}8\right) i \qquad \text{(II6)}$$

При этом же качестве песков и покрытиях облегченного типа:

$$h_з \leqslant h + \left(\frac{B}{2} - 0{,}8\right) i + 0{,}25 h_д \qquad \text{(IIв)}$$

Если $h_з \leqslant h_{max}$, то в расчете допустимую глубину фильтрационного потока нужно принимать равной h_{max} (см. формулу I).

§ 67. Чем больше глубина продольного ровика у края корыта, то есть h, тем больше и расчетные расстояния между трубчатыми воронками.

Затраты, связанные с рытьем ровика и несколько повышенным расходом песка, всегда оправдываются экономией, связанной с уменьшением потребности в трубчатых воронках.

§ 68. С целью механизированного рытья ровиков им придают треугольные поперечные сечения глубиной $h \geqslant 0{,}1$ и шириной $b_1 = 0{,}8$ м.

§ 69. Если расчетное расстояние между воронками $\mathcal{L}$ составляет при крутизне внутренних откосов земляного полотна I:I,5

$$\mathcal{L} \leqslant b + 1{,}2, \qquad \text{(I2а)}$$

а при откосах I:3

$$\mathcal{L} \leqslant b + 2{,}5 \qquad \text{(I2б)}$$

(где b - ширина обочины, м), то в технико-экономическом отношении целесообразнее устраивать продольные дрены либо рассчитывать дренирующий слой по принципу поглощения (при местных дешевых песках).

Ш.5. Сброс воды в населенных пунктах

§ 70. В населенных пунктах дренирующий слой осушают при помощи устройства продольных трубчатых дренажей (рис. I7), часто называемых сопутствующими дренажами мелкого заложения.

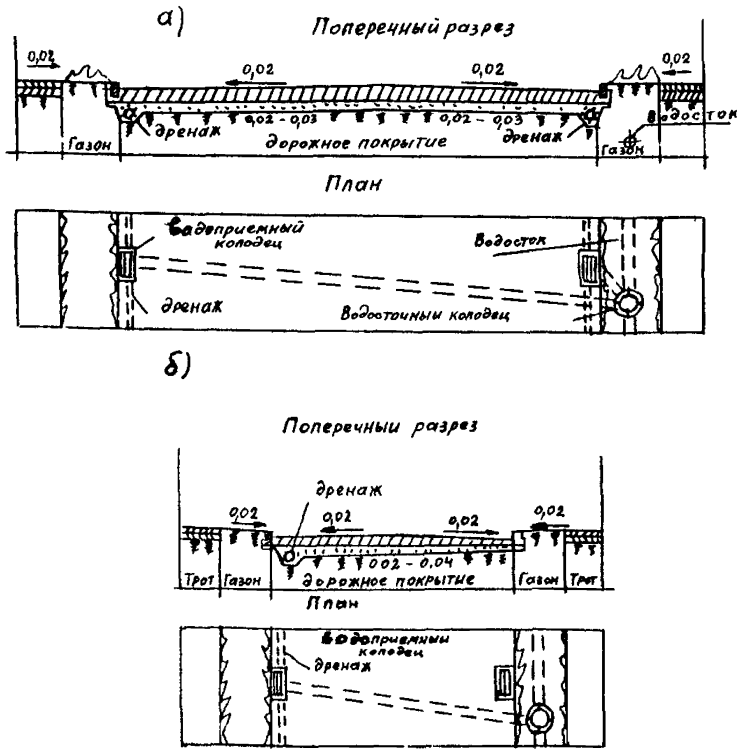


Рис. I7. Конструкции дренирующих слоев городских улиц с продольными дренажами мелкого заложения: а)- при ширине проезжей части $B > 7{,}0$ м; б)- то же, $B < 7{,}0$ м

На участках дороги с продольным уклоном больше поперечного для сброса воды применяют поперечные дренажи мелкого заложения, называемые сокращенно поперечными прорезями (рис. I8).

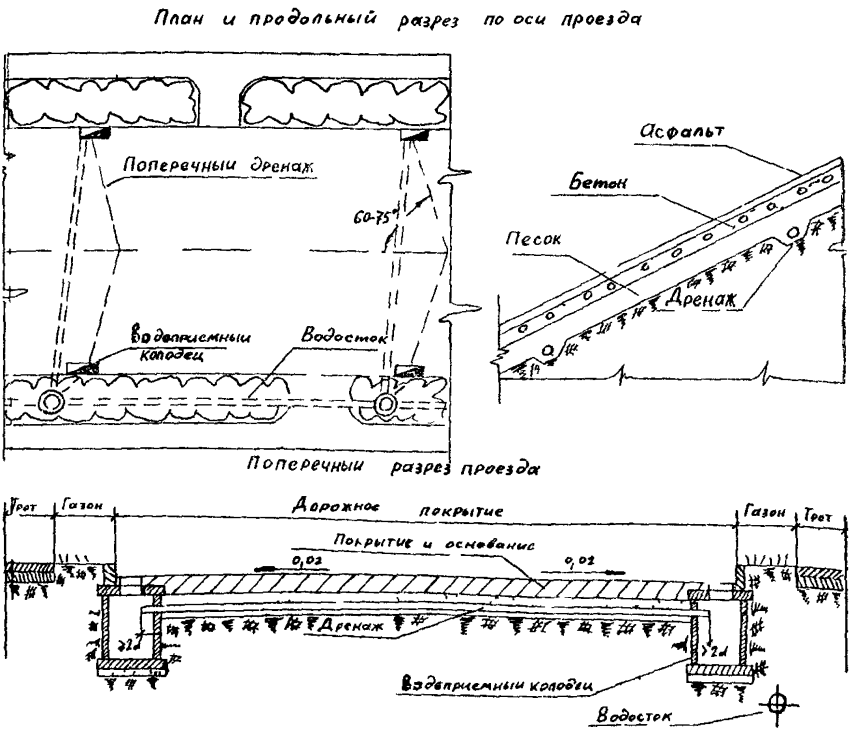


Рис. I8. Конструкция дренирующего слоя городских улиц с поперечными прорезями

§ 71. Воду из дренажей обычно сбрасывают в ливневую или канализационную сеть. В случае применения водоприемников нижний конец трубы дренажа должен выступать относительно их стенок на длину 0,5-0,8d (где d - диаметр трубы). В этом случае меньше разрушаются стенки водоприемников.

§ 72. В населенных пунктах нередко имеются отвалы отходов промышленности (пиритовые огарки, формовочные пески, серпентиниты, металлургические шлаки и другие), которые могут применяться вместо песка или гравия, если их фильтрационные свойства удовлетворяют требованиям § 13.

Толщину слоя рассчитывают индивидуально в зависимости от природных условий местности и результатов лабораторных испытаний.

§ 73. При наличии зеленой разделительной полосы, вогнутого поперечного профиля и пылеватых грунтов во II климатической зоне надлежит устраивать по ее оси продольный дренаж со сбросом воды в водоприемники.

III.6. Осушение дренирующего слоя на участках с продольным уклоном более поперечного

III.6.1. Местоположение поперечных прорезей мелкого заложения и их конструкции

§ 74. Для устранения продольной фильтрации воды в дренирующих слоях и непосредственно в крупнопористых дорожных основаниях из каменного щебня, гравия или кислого металлургического шлака устраивают поперечные прорези:

а) на участках с продольным уклоном больше поперечного;

б) в местах вогнутых вертикальных кривых;

в) при сопряжении перестроенных участков с неперестроенными;

г) в местах перехода выемок в насыпи.

§ 75. Прорези устраивают двускатными и односкатными, причем в двускатных различают сквозные и укороченные (рис.I9).

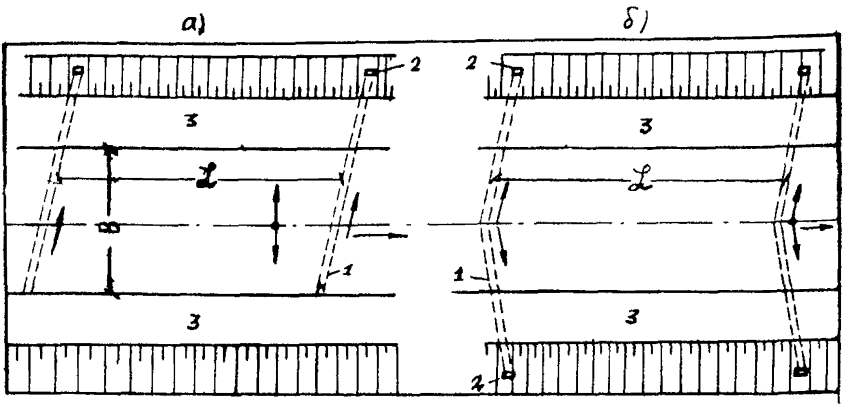


Рис. I9. Схема расположения поперечных прорезей:
а)- укороченных в южную сторону от оси дороги;
б)- сквозных; I - прорези; 2 - выходы прорезей на откосах земляного полотна; 3 - обочины; B - ширина проезжей части; $\mathcal{L}$ - расчетное расстояние между прорезями (стрелки указывают направление движения воды)

При насыпях устраивают сквозные прорези, а при полунасыпях и полувыемках, особенно с обочинами шириной $B \leqslant 2{,}5$ м - укороченные.

Если ширина покрытия $B \leqslant 5{,}5$м, то допускается устройство прорезеи на ширину проезжей части со сбросом воды в продольную одиночную дрену (рис. 20).

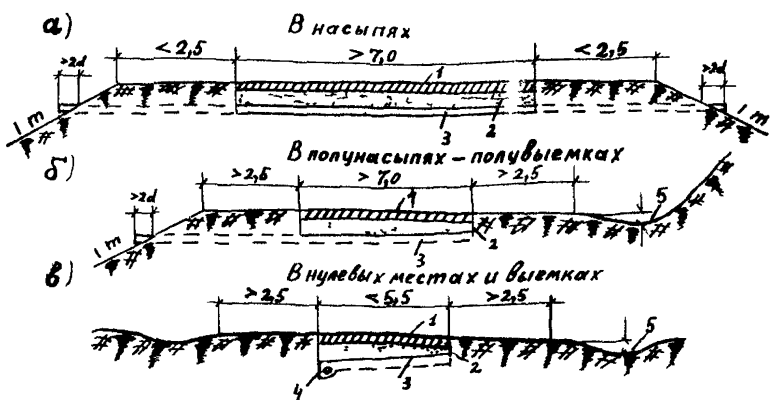


Рис. 20. Поперечные профили земляного полотна с прорезями мелкого заложения: а)- сквозная прорезь в насыпях; б)- укороченная прорезь в полувыемке - полунасыпи; в)- укороченная прорезь в нулевых местах и выемках; I - покрытие и основание; 2 - дренирующий слой; 3 - прорезь на ширину проезжей части с продольной трубчатой дреной; 4-углубленный ровик; 5-лоток-кювет глубиной 0,3-0,5 м с травяным покровом на откосах крутизною I:3

Сквозные прорези более эффективно осушают дорожные одежды и верхнюю часть земляного полотна, чем укороченные; усиливают процесс воздушного осушения.

§ 76. Воду из укороченных прорезей сбрасывают в южную сторону от оси дороги, где быстрее оттаивает обочина.

§ 77. В выемках, нулевых местах и на косогорах воду из прорезей нужно сбрасывать в продольную дрену (рис.20).

§ 78. Прорези устраивают в ровиках треугольного сечения глубиной 0,15 м, которые не ухудшают ровности дорожных покрытий в зимний период вследствие неравномерного пучения связных грунтов, особенно пылеватых.

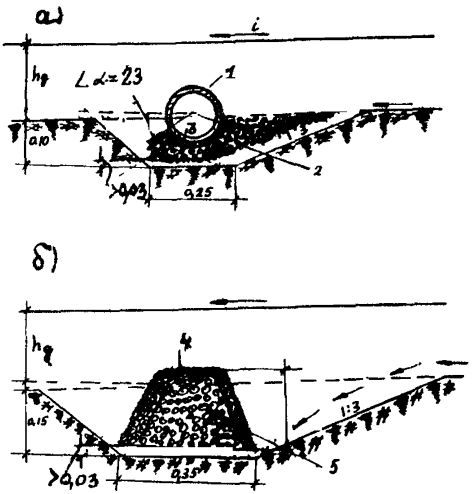


Рис. 21. Поперечный разрез прорезей мелкого заложения:
а) - в пределах обочин и разделительных полос;
б) - в пределах проезжей части; 1 - труба d =80-100мм, перфорированная снизу; 2 - однослойная фильтровая обсыпка толщиной слоя $\alpha \geq 5$ см; 3 - водоприемные отверстия или пропилы; 4 - фильтровая обсыпка из щебня или мелкого гравия крупностью 5-8(10) мм; 5 - ядро из щебня или гравия размером 20-40 мм; h_q - толщина дренирующего слоя по расчету (стрелки указывают направление движения фильтрующейся воды)

В ровиках предусматривают укладку труб d = 8-10 см (рис.21) с фильтровой обсыпкой. Трубы перфорируют снизу или делают пропилы на высоту до $0{,}5d$.

Примечание. В случае недостатка труб их заменяют устройством прорези из каменного материала с фильтровой обсыпкой.

При применении трубофильтров существенно облегчается производство работ: нет надобности в перфорации труб, нарезке пропилов и устройстве фильтровых обсыпок.

Выход прорезей на откос земляного полотна оформляется в соответствии с требованиями § 64.

§ 79. На участках с продольным уклоном $i_1 \leqslant 3\%$ дну корыта придается поперечный уклон. i = 3%; на участках с $i_1 \leqslant 5\%$ - i = 4%; при $i_1 \geqslant 5\%$ - i = 5%.

Уклон прорезей на ширине проезжей части принимают не менее 2%.

В пределах ширины обочин прорезям придают уклон не менее 3-4%.

Ш.6.Б. Расчет расстояния между прорезями $\mathcal{L}$

§ 80. Расстояние $\mathcal{L}$ (м) составляет:

$$\mathcal{L} = \frac{2C_1 h_{max}}{C_1^2 - \left(\frac{i_1}{2}\right)^2}, \qquad (13)$$

где $C_1 = \sqrt{\frac{2q_p}{K}}$.

q_p и K - то же, что и в формуле (2);

i_1 - продольный уклон участка;

h_{max} - допустимая максимальная глубина фильтрационного потока свободной воды в дренирующем слое между прорезями, м.

Коэффициент фильтрации К должен быть не менее, чем требуется в § I3.

Значение h_{max} принимается по формуле (I).

Примечание. Уравнение (I3) применимо при $i_1 \leqslant 2\sqrt{\frac{2q_p}{K}}$

§ 8I. На участках с прорезями нет необходимости в устройстве продольных дренажей мелкого заложения или трубчатых воронок.

IУ. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ

IУ.I. Подготовительные работы

§ 82. Подготовительные работы состоят из операций по планировке и уплотнению поверхности земляного полотна, а также из подготовки механизмов и отдельных элементов дренажа.

§ 83. Если земляное полотно возведено из связных грунтов, то дренирующий слой устраивают только на предварительно спланированной поверхности земляного полотна с тщательно уплотненным грунтом при оптимальной влажности. Степень его плотности назначается в соответствии с действующими нормами.

§ 84. Для рытья углубленных ровиков необходимо изготовить специальный нож и укрепить его на отвале автогрейдера.

Для втрамбовывания мелкого щебня или гравия в грунт земляного полотна на площади трубчатых дрен, трубчатых воронок или поперечных прорезей необходимо применять пневматические или электрические трамбовки тяжелого типа.

§ 85. В случае устройства трубчатых воронок или прорезей следует заранее изготовить из беспесчаного бетона приемную часть, что повышает производительность труда и срок службы дренажных устройств.

§ 86. При значительном объеме работ по устройству дренажей необходимо организовать специальную полевую лабораторию, которая будет существенно способствовать повышению качества устраиваемого дренирующего слоя.

IУ.2. Перевозка и хранение труб и трубофильтров

§ 87. При перевозке гончарных труб и трубофильтров должна быть проявлена исключительная аккуратность, чтобы предупредить возможность их повреждения.

В частности, погрузка и разгрузка их производится преимущественно вручную с использованием наклонных лотков.

§ 88. Трубофильтры $d \geq 100$ мм перевозят только в вертикальном положении при условии соблюдения правил безопасности и предохранения изделий от повреждения во время погрузки, разгрузки и перевозки.

Трубофильтры $d = 50$ мм можно перевозить в горизонтальном положении. Количество рядов трубофильтров по высоте не должно превышать десяти.

§ 89. Гончарные трубы и трубофильтры укладывают в штабеля высотой не более 1,5 м. Между рядами трубофильтров необходимо укладывать междурядовые прокладки из досок толщиною не менее 20 мм. При хранении трубофильтры надлежит предохранять от загрязнения.

§ 90. При приемке трубофильтров их прочность на сжатие должна составлять не менее 100% проектной марки бетона.

IУ.3. Подготовка корыта

§ 91. Если проектом предусмотрена укладка краевых граничных бетонных полос, то корыто разбивают с учетом их ширины.

§ 92. После рытья ровиков тщательно спланированный грунт на дне корыта доводится до оптимальной влажности и дополнительно уплотняется катками на пневмошинах. При устройстве дренирующего слоя по принципу осушения коэффицент плотности должен быть $K_0 = 1,0$.

§ 93.В процессе уплотнения специально выделенное звено обязано проверять поперечный профиль шаблоном,а ровность - рейкой.Просвет между 3-метровой рейкой и поверхностью уплотненного грунта не должен превышать 1см, причем замеры надлежит производить по ширине корыта через каждые 5м вдоль оси дороги.

При ширине корыта до 7,0 м шаблон изготавливают на полную ширину и устанавливают его по уровню.

Отдельные дефекты корыта, обнаруженные в процессе планировки и уплотнения, исправляют подсыпкой или срезкой грунта с последующим тщательным уплотнением.

§ 94. Если устраивается сопутствующий дренаж, то до полного уплотнения грунта в корыте нарезают трапецеидальные ровики.

Для этого применяют автогрейдер со специальным откосником в форме сечения ровика или бульдозер с дополнительным профильным ножом (лемехом) на отвале.

Если нет специальных профильных ножей, то ровик нарезают автогрейдером при установке соответствующего угла наклона ножа. В этом случае около 30% работ приходится выполнять вручную.

§ 95. В корыте запрещается оставлять рыхлый грунт после нарезки ровиков. В противном случае резко повышается скорость заиливания дренирующего слоя рыхлым грунтом земляного полотна.

IУ.4. Устройство трубчатого дренажа

§ 96. Трубчатый дренаж всегда начинают устраивать с более пониженных мест, постепенно продвигаясь к водораздельным переломам продольного профиля, причем технологические операции выполняют в следующей последовательности:

а) по краям дренирующего слоя укладыв ют звенья труб с требуемой шириной зазоров;

б) в местах сброса воды укладывают поперечные трубы на обочине;

в) стыки труб обсыпают щебнем или гравием по гранулометрическому составу, удовлетворяющему требованиям § 53.

§ 97. Если для устройства дренажей применяют трубофильтры, то каждое звено до укладки в корыто должно быть тщательно осмотрено и очищено от грунта и, в случае надобности, даже промыто под сильной струей воды.

Звенья трубофильтров укладывают снизу вверх по уклону корыта пазом вперед (если торцы с фальцами). Тогда гребень фальца следующего звена трубофильтра вставляется в паз ранее уложенного звена.

Трубофильтры с плоскими торцами (как, например, в звеньях диаметром d= 50 мм) соединяют между собой, как уже отмечалось (см.рис. 6), гофрированными вкладышами из полиэтилена. Соединение происходит при сжатых вкладышах.

§ 98. Трубофильтры диаметром $d \geqslant$ 100 мм соединяются насухо с последующей обмазкой поверхности стыка по его периметру цементным раствором.

§ 99. Требуемый уклон трубофильтров устанавливают при помощи ходовой визирки, а более точно - нивелиром.

§ 100. Сопряжения труб продольного дренажа с поперечными трубами следует производить с помощью асбестоцементных или бетонных тройников. При отсутствии последних сопряжения выполняют в виде обсыпки из мелкого щебня или гравия размером 5-8(10) мм (рис. 22).

§ 101. Основание под трубы или приемную часть воронок устраивают из каменного материала толщиной $2D_{50\%}$ с уплотнением пневматическими или электрическими трамбовками (здесь $D_{50\%}$ то же, что и в § 53).

В случае применения трубофильтров, их укладывают на уплотненную при оптимальной влажности песчаную подушку толщиной слоя 3-4 см.

§ 102. Проектный уклон дренажных устройств проверяется дважды: перед укладкой труб нивелируется дно ровиков и после укладки проводится контрольная нивелировка с проверкой соответствия уклонов с проектными.

§ 103. Укладка труб с фильтровыми обсыпками и трубофильтров до засыпки их песком фиксируется представителями технического надзора и заказчиком соответствующим актом на скрытые работы.

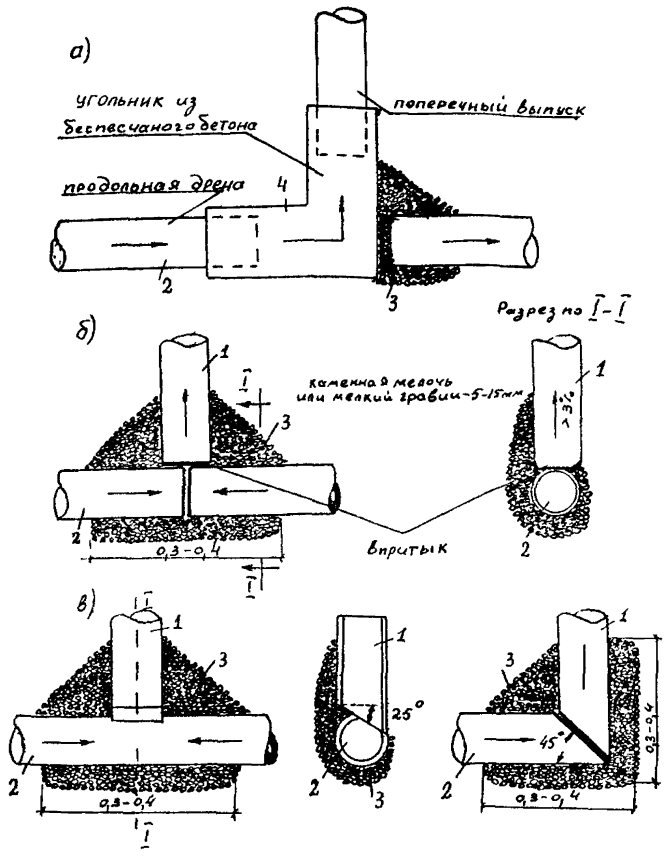


Рис. 22. Возможные конструкции сопряжения продольных трубчатых дрен и поперечных выпусков: а) - при помощи бетонных угольников или б) - фильтровых обсыпок из каменных материалов; в) - с устройством срезов труб
I - поперечный выпуск; 2 продольная дрена;
3 - каменная мелочь или мелкий гравий размером 5-8(I0) мм)

§ 104. При асбестоцементных и пластмассовых трубах пропилы требуемой ширины нарезают при помощи слесарной пилы или специальных нарезчиков

Примечание. Диски наждачного типа, применяемые для нарезки швов цементобетонных покрытий, непригодны, так как ширина пропилов, как правило, превышает 5-6мм.

§ 105. Если нет других труб, кроме гончарных, то с целью снижения боя и повышения их жесткости рекомендуется применять гончарные трубы со спиральными ребрами жесткости.

§ 106. Трубы укладывают пропилами или перфорированной частью вниз, что обеспечивает поступление в них воды при минимальных гидравлических градиентах. Кроме того, снижается и степень кольматации дренажей.

§ 107. Для устройства стыков с прерывистой или сплошной фильтровой обсыпкой (П и Ш типы) применяют специальный шаблон, изготовленный из котельного железа толщиной 1-2 мм (рис.23).

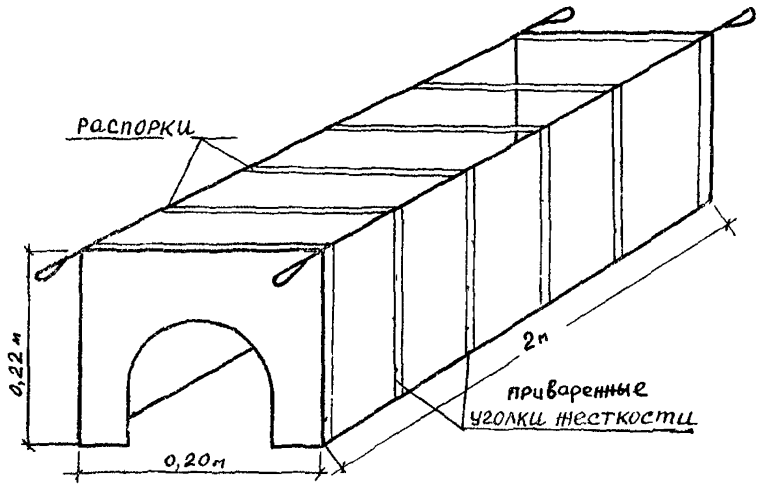


Рис.23. Шаблон для устройства фильтровой обсыпки

Шаблон устанавливают на трубы, предварительно уложенные по уровню, и засыпают рыхлым каменным материалом. Затем шаблон обсыпается песком с одновременным его уплотнением. При этом сохраняется форма фильтровой обсыпки в песке, и шаблон свободно передвигается на следующий стык.

§ 108. Откосы в местах выхода поперечных сбросов воды из дрен укрепляют бетонными плитами для предотвращения их размыва (см.рис.9).

§ 109. Только по окончании устройства выходной части продольных дренажей, трубчатых воронок или прорезей с оформлением акта на скрытые работы разрешается завозить в корыто фильтрующий материал.

IУ.5. Технологические особенности устройства дренирующего слоя

§ 110. При устройстве дренирующего слоя соблюдают следующую последовательность технологических операций:

1. Вывозка фильтрующего материала и его разгрузка на предварительно подготовленную поверхность земляного полотна.

2. Разравнивание фильтрующего материала с соблюдением требуемой толщины слоя и учетом коэффициента уплотнения.

3. Уплотнение фильтрующего материала при оптимальной влажности.

4. Планировка поверхности дренирующего слоя с соблюдением требуемого поперечного профиля.

§ 111. При устройстве дренирующего слоя в сухое время года, когда не образуются колеи, допускается движение транспорта по подготовленному земляному полотну.

Движение транспорта по дренирующему слою категорически запрещается. Только в отдельных случаях (в сырую погоду, при невозможности устройства временных дорог) допускается подвозка фильтрующих материалов по дренирующему слою, укладываемому по способу "от себя".

§ II2. При распределении и уплотнении фильтрующего материала, а также планировке его поверхности по способу "от себя" целесообразно использование бульдозера, автогрейдера, катков и других дорожных машин.

§ II3. Укладка фильтрующего материала производится послойно в зависимости от типа уплотняющих средств и требуемого коэффициента уплотнения ($К_0$). Минимальная допустимая толщина укладываемого слоя должна быть не менее 0,25 м; она гарантирует устойчивость дренажных устройств.

§ II4. Наиболее эффективное уплотнение песков достигают применением тяжелых пневмокатков или вибрационных машин. При этом, независимо от типа покрытия, $К_0$ должен равняться I.

§ II5. Для большей эффективности уплотнения одноразмерных песков их влажность должна превышать оптимальную на 2-3%.

§ II6. Устройство дренирующего слоя допускается в зимний период при условии завершения его уплотнения до начала смерзания.

§ II7. По законченному тщательно спланированному дренирующему слою не допускается движение транспорта.

У. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ

§ II8. Качество работ последовательно проверяют после каждого законченного цикла: рытье продольных и поперечных ровиков, устройство дренирующего слоя под трубы и их укладка, устройство фильтровых обсыпок и уплотнение материала дренирующего слоя, а также планировка его поверхности под шаблон.

§ II9. Контроль геометрических элементов земляного полотна и корыта через каждые 5 м производят геодезическими приборами. Допускаемые отклонения при устройстве корыта: по ширине $\pm$ 0,05 м, глубине $\pm$ 5 % и отметке дна $\pm$ 0,03 м.

§ I20. Плотность дренирующего слоя определяют взятием не менее трех образцов (по оси и на расстоянии ℓ_0 = I,5 м от кромок проезжей части) через каждые 50 м.

Отклонение от требуемого коэффициента уплотнения не должно превышать по абсолютной величине ± 0,02, причем количество таких образцов должно составлять менее 10%.

§ 121. Толщина и степень уплотнения дренирующего слоя, а также технология производства работ регулярно заносятся в журнал контроля уплотнения дренирующего слоя.

§ 122. Соответствие продольных уклонов дренажа проектным значениям устанавливают нивелировкой. Допустимые отклонения ± 0,001 на каждые 100 м.

§ 123. При устройстве дренирующего слоя необходимо проверять:

1. Качество материала дренирующего слоя (гранулометрический состав и коэффициент фильтрации путем выборочного взятия не менее 3 образцов по оси и в 1 м от кромки проезжей части) на каждом пикете.

2. Качество фильтровых обсыпок (соответствие геометрических размеров проектным и гранулометрического состава каменного материала заданному коэффициенту его равномерности).

3. Толщину слоя по оси и у кромки проезжей части не реже, чем через каждые 50 м.

4. Действительную плотность материала дренирующего слоя, сравнивая ее с требуемой плотностью путем определения объемного веса образцов материала, отобранных на дороге через каждые 50 м.

§ 124. Все работы по устройству дренирующего слоя относятся к скрытым и подлежат обязательному освидетельствованию в присутствии заказчика. До составления актов о приемке скрытых работ запрещается приступать к описанным выше операциям.

Приложение I

Расчетные значения максимальной высоты капиллярного поднятия $h_к$ песков различного качества

Крупность песков	Значение $h_к$, см
Очень мелкий	50
Мелкий	40
Средний	25
Крупный	15

Примечание. Этими значениями $h_к$ можно пользоваться лишь при предварительных расчетах. Значения $h_к$ следует принимать по результатам лабораторных испытаний образцов песков, взятых с объекта строительства.

Приложение 2

Расчетное уравнение для вычисления требуемого коэффициента фильтрации песков, допустимых для устройства дренирующих слоев дорожных одежд

Зависимость между требуемым коэффициентом фильтрации песков (К, м/сутки) и допустимой глубиной фильтрационного потока (h_{max} , м) выражается следующим уравнением:

$$h_{max} = \ell\sqrt{\left(\frac{h_o}{\ell}\right)^2 - i\frac{h_o}{\ell} + c}\cdot exp\left[-\frac{i}{2a_1}\left(\frac{\pi}{2} - arctg\frac{\frac{h_o}{\ell} - \frac{i}{2}}{a_1}\right)\right] \quad \text{(Ia)}$$

$$c = \frac{q_p}{K} \quad ; \quad a_1 = \sqrt{c - \frac{i^2}{4}} \quad \text{(Iб)}$$

где $q_p = q \cdot K_n \, K_з$ – расчетный приток свободной воды, $м^3/м^2$ в сутки;

q – приток воды в дренирующий слой, $м^3/м^2$ в сутки (см.табл. I);

K_n – коэффициент "пик", учитывающий неустановившийся режим работы дренирующего слоя (см. § I4);

$K_з$ – коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение коэффициента фильтрации в процессе эксплуатации автомобильной дороги (см. § I5);

ℓ – длина пути фильтрации, м;

i – поперечный уклон корыта или поверхности земляного плотна в долях единицы;

h_o – глубина фильтрационного потока в местах сброса свободной воды, м (см. рис. 3)

Зная допустимое значение h_{max}, путь фильтрации ℓ и поперечный уклон корыта вычисляют соответствующую величину коэффициента С.

По величине C для расчетного количества воды, поступающего в корыто q_p, и находят (см. уравнение 2) требуемый коэффициент фильтрации песков, допускаемых для устройства дренирующих слоев дорожных одежд.

Примечание. Применение данного уравнения оправдано при значениях: $C \geq \frac{l^2}{4}$ и $C \geq \frac{h_0}{l}\left(i - \frac{h_0}{l}\right)$

Приложение 3

Расчетное количество свободной и капиллярной воды, поглощаемое песчаным слоем высотой I см и площадью I м^2

Крупность	Характеристика песков							Значения q_3-q_1 и q_2-q_1 в зависимости от климатических зон		
	эффективный диаметр $d_{эф}$, мм	коэффициент неоднородности $K_н=\frac{d\,60\%}{d\,10\%}$	содержание частиц размером ≤0,05мм, %	объемный вес скелета, δ, кг/см^3 не менее	полная влагоемкость, %	коэффициент фильтрации К, м/сутки	высота капиллярного поднятия $h_к$, см	II	III	IУ и У
Очень мелкий	0,06-0,08	<2-3	<I	I,73	<23	I-3	>50	I,I-2,0 / 0,7-I,3	I,9-2,2 / I,2-I,4	2,2-2,5 / I,4-I,6
Мелкий	0,08-0,I4	2,5-4	<2	I,77	<2I	3-6	>40	I,55-2,2 / I,0-I,4	I,9-2,4 / I,2-I,5	2,4-2,6 / I,5-I,6
Средний	0,I4-0,I7	>3	<3	I,83	<I8	6-I0	>25	I,7-2,4 / I,I-I,6	2,2-2,5 / I,5-I,7	2,5-2,7 / I,7-I,8
Крупный	>0,I7	>3	<5	I,90	<I6	>I0	>I5	I,9-2,5 / I,2-I,7		

Примечания. I. Коэффициент фильтрации определен по методике Союздорнии.

2. В числителе указано поглощение песчаным слоем воды в свободном состоянии (q_3-q_1), в знаменателе – в капиллярном состоянии (q_2-q_1).
3. Меньшие значения водопоглощения относятся к 3 типу увлажнения местности, большие – ко 2 типу.
4. $d_{эф}$ – под эффективной или действующей величиной грунтовых зерен понимается максимальный диаметр тех фракций, количество которых составляет I0%.
5. $K_н$ – Коэффициент неоднократности характеризует отношение диаметра фракций, составляющих 60%, к эффективному диаметру

Приложение 4

Примеры расчета дренирующего слоя

Исходные данные. Автомобильная дорога проходит по косогору в полунасыпи-полувыемке во П климатической зоне. Грунт - тяжелая супесь (группа А). Тип увлажнения местности - 3-И.

Пески мелкозернистые с коэффициентом фильтрации К = 3 м/сутки и высотой капиллярного поднятия $h_к$ = 0,5 м, стоимостью 2,2 руб./м^3, и среднезернистые с К = 8 м/сутки, $h_к$ = 0,35 м и стоимостью 4 руб./м^3. Ширина проезжей части В = 7 м и обочин b = 3 м. Поперечный уклон корыта i = 0,02.

Толщина дренирующего слоя из условия прочности с проектным модулем упругости E_I = 1050 кг/см^2 установлена равной $h_д$ = 30 см.

Требуется проверить, удовлетворяет ли принятая толщина дренирующего слоя условию осушения.

В соответствии с табл. I для конкретных природных условий находим общий приток воды за расчетный период, равный Q = 60л/м^2, и удельный q = 3 л/м^2 сутки.

I. Рассчитать требуемое значение коэффициента фильтрации песка, пригодного для устройства дренирующего слоя

Проверим возможность использования местного песка. Пользуясь расчетным графиком (см.рис.I), при E_I = 1050 кг/см^2 для мелкозернистого песка находим $h_{зап} \cong$ 19 см.

Тогда допустимая глубина фильтрационного потока в дренирующем слое не должна превышать $h_{max} = h_д - h_{зап}$ = 30 - 19 = = 11 см.

Поскольку дорога проходит по косогору, примем односкатный поперечный уклон i = 0,02, обращенный в нагорную сторону.

В этом случае путь фильтрации l = 7 м.

Тогда при h_{max} = 11 см в соответствии с номограммой: (рис.2б)

$$C = \frac{q_р}{K} = 0{,}00068$$

Но для данного участка q = 0,003 м^3/сутки на I м^2.

Коэффициент "пик" Кп = I,5 (см. § I4).

Коэффициент гидрологического запаса $K_з$ = I,3 (см. § I5).

Подставив данные значения в выражение (2), получим требуемый коэффициент фильтрации песка, допускаемого для устройства дренирующего слоя:

$$K = K_п \frac{K_з q}{C} = \frac{I,5 \cdot I,3 \cdot 0,003}{0,00068} = 8,6 \text{ м/сутки} > 3 \text{ м/сутки}$$

Значит при B = ℓ = 7 м мелкозернистый песок не удовлетворяет по фильтрационным свойствам.

В связи с этим попробуем запроектировать двускатное корыто с поперечным уклоном i = 0,02.

Тогда значение ℓ уменьшается до 3,5 м.

По той же номограмме находим C = $\frac{q_р}{K}$ = 0,0018 или

$$K = I,5 \cdot \frac{I,3 \cdot 0,003}{0,0018} = 3,3 \text{ м/сутки} > 3 \text{ м/сутки}.$$

Таким образом, и в этом случае не пригоден мелкозернистый песок для устройства дренирующего слоя.

2. Проверим теперь возможность использования среднезернистого песка при односкатной проезжей части шириной B = 7 м

Поскольку коэффициент его фильтрации К = 8 м/сутки и q = 0,003 м^3/сутки на I м^2, то

$$C = \frac{K_п \cdot K_з \cdot q}{K} = \frac{I,5 \cdot I,3 \cdot 0,003}{8} = 0,00073$$

Значит при B = 7 м и i = 0,02 максимально допустимая глубина фильтрационного потока в дренирующем слое при C = = 0,00073 составляет $h_{max} \cong$ I2 см (см.рис. 2).

При E_I = I050 кг/см^2 для среднезернистого песка по расчетному графику (см.рис. I) находим $h_{зап} \cong$ II см. Тогда требуемая толщина дренирующего слоя (см. формулу I) должна быть

равной: h_g = I2 + II = 23 см < 30 см.

Таким образом, среднезернистый песок пригоден для устройства дренирующего слоя даже при односкатном поперечном профиле корыта.

3. Рассчитать дренирующий слой, осушаемый трубчатыми воронками при продольном уклоне участка i < 0,005 и внутренних откосах земляного полотна I:3

При таком малом уклоне можно пренебречь продольной фильтрацией воды.

Принимая значение $h_{зап}$ равное II см, находим расчетную глубину фильтрационного потока $h_{max} = h_g - h_{зап}$ = 30 − II = = I9 см.

В соответствии с номограммой (рис. I6) при $C = \frac{q_p}{K}$ = $= \frac{I,5 \cdot I,3 \cdot 0,003}{8}$ = 0,00073 и приемной части воронки, например, I типа, расстояние между воронками должно превышать $\mathcal{L} \cong$ I0 м, и при П типе приемной части $\mathcal{L} \cong$ I5 м. Значит $\mathcal{L} > b$ + 2,5 (где b – ширина обочин, равная 3 м) и потому можно ограничиться устроиством трубчатых воронок.

4. Расчет дренирующего слоя с учетом фильтрации воды и в капиллярной зоне

Мелкозернистые пески дешевле среднезернистых почти в 2 раза, но коэффициент их фильтрации равен всего 3 м/сутки и поэтому его можно применить лишь при устройстве сопутствующего дренажа мелкого заложения. С целью экономии труб и уменьшения протяжения дренажа поперечный профиль проезжей части шириной B = I3 м с поперечным уклоном i = 0,02 примем односкатным, т.е. средний путь фильтрации воды составит $\ell \cong \frac{B}{2}$ = = 7 м. Следовательно, глубина ровика, устраиваемого у нижнего края проезжей части, должна быть не менее $h = 0,8\, h_к$ = = 0,8 x 0,5 = 0,4 м или 40 см (см. § I6 и приложение I).

При применении гончарных или асбестоцементных труб d = 8 см ширину продольного ровика принимают $b_1 \leqslant 40$ см, а при трубофильтрах повышают до $b_1 \leqslant 50$ см.

Как и прежде модуль упругости материала дренирующего слоя E_I должен быть равным 1050 кг/см^2. Но если применяется мелкозернистый песок для его устройства, то значение запасной толщины слоя составляет $h_{зап}$ = 19 см (см.рис.1). Поскольку толщину дренирующего слоя, устраиваемого из мелкозернистого песка, оставляем такой же, как и в случае применения среднезернистого, т.е. h_g = 30 см, то максимальная глубина фильтрационного потока на ширине проезжей части (за исключением ширины ровика) составит:

$$h_{max} = h_g - h_{зап} = 30 - 19 = 11 \text{ см}$$

Тогда разность напора

$$\Delta H = (h - h_0) + (\ell - b_1)\, i + h_{max} = (40 - 5) + (700 - 50)\, 0{,}02 + 11 = 59 \text{ см}$$

Отсюда соотношение $\frac{h_{max}}{h_{зап}} = \frac{11}{19} = 0{,}6$ и потому согласно табл. 2 коэффициент $\beta = 0{,}47$.

Следовательно, требуемое значение коэффициента фильтрации мелкозернистого песка должно быть не менее:

$$K = \frac{q \ell^2 K_n \cdot K_з}{\Delta H (h_{max} + \beta h_{зап})} = \frac{0{,}003 \cdot 7^2 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}3}{0{,}59 \cdot (0{,}11 + 0{,}47 \cdot 0{,}19)} = 2{,}4 \text{ м/сутки}$$

или меньше действительного коэффициента фильтрации К = 3 м/сут.

Таким образом, при устройстве сопутствующего дренажа мелкого заложения даже в одну нитку можно применить и местный дешевый мелкозернистый песок.

5. Расчет дренирующего слоя по методу поглощения

Предположим, нет труб, но строительство обеспечено транспортными средствами для перевозки песка. В районе строительства имеется дешевый местный мелкозернистый песок. Модуль его упругости, как и ранее требуемый, из условия прочности должен составлять E_I = I050 кг/см^2.

В соответствии с расчетным графиком при этой величине E_I значение $h_{зап}$ равно 0,34 м.

Воспользуемся уже известными формулами (см. §§ 9 и I9):

$$h_д = h_{max} + h_{зап}; h_{max} = \frac{a - h_{зап}(q_2 - q_1)\varphi}{q_3 - q_1}$$

Согласно табл. 3 коэффициент заполнения пор φ капиллярной водой при $h_{зап}$ = 34 см составляет:

$$\varphi = 0{,}40$$

Принимаем в соответствии с приложением 3 $q_2 - q_1$ = I,0 и $q_3 - q_1$ = I,55 л/м^2 на I см толщины дренирующего слоя. Тогда

$$h_{max} = \frac{60 - 34 \cdot I{,}0 \cdot 0{,}40}{I{,}55} = 30 \text{ см}$$

Значит, при применении мелкозернистого песка дренирующий слой надлежит устраивать толщиной, равной $h_д$ = 34 + 30 = 64 см.

В случае устройства дренирующего слоя из среднезернистых песков $h_{зап} \approx$ I3 см (при требуемом модуле упругости E_I = I050 кг/см^2), φ = 0,84, $q_2 - q_1$ = I,I и $q_3 - q_1$ = I,7 л/м^2 на I см толщины дренирующего слоя.

Подставив эти значения в выражение (5), получим:

$$h_{max} = \frac{60 - I3 \cdot I{,}I \cdot 0{,}84}{I{,}7} = \frac{48}{I{,}7} \approx 29 \text{ см}$$

Отсюда толщину дренирующего слоя при среднезернистом песке нужно принимать равной: h_g = 13 + 29 = 42 см, на 22 см меньше, чем в случае применения мелкозернистого песка.

6. Определение расстояния между прорезями мелкого заложения

Предположим, участок дороги имеет продольный уклон i_1 = 0,05. В этом случае необходимо предусмотреть устройство прорезей из крупнозернистого песка с К = 8 м/сутки для устранения продольной фильтрации воды.

Для конкретных условий примера (см. § 80)

$$C_1 = \sqrt{2q_p : K} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}003 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}3}{8}} = \sqrt{0{,}00146} = 0{,}0382$$

По расчетному графику (см. рис. I) для среднезернистого песка с требуемым модулем упругости E_I = 1050 кг/см^2 находим значение $h_{зап} \approx$ 11 см. Тогда $h_{max} = h_g - h_{зап}$ = 30 − 11 = = 19 см.

Согласно уравнению (13) расчетное расстояние между прорезями должно быть равным:

$$\mathcal{L} = \frac{2C_1 \cdot h_{max}}{C_1^2 - \frac{i_1^2}{4}} = \frac{2 \cdot 0{,}0382 \cdot 0{,}19}{0{,}00146 - \frac{0{,}0025}{4}} = \frac{0{,}014546}{0{,}00083} = 17{,}5 \cong \mathbf{18\,м}$$

Зная стоимость песков, труб, производства работ и т.д., проектировщик имеет возможность выбрать наиболее оправданный в технико-экономическом отношении вариант дренирующего слоя с соответствующими дренажными выпусками воды.

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов. 3

I. Общие понятия о дренирующем слое 5
I.I. Назначение дренирующего слоя. Область применения 5
I.2. Расчетное значение удельного избытка свободной воды 5

П. Основы проектирования дренирующего слоя. 7
П.I. Понятие о методах проектировани 7
П.2. Метод осушения. Требования к качеству фильтрующего материала. I0
П.3. Метод поглощения воды песчаным слоем. I4

Ш. Способы сброса воды из дренирующих слоев I8
Ш.I. Классификация способов. I8
Ш.2. Выбор труб. I8
Ш.3. Сброс воды продольными трубчатыми дренами . . . 2I
Ш.3.А. Конструкция дрен. 2I
Ш.3.Б. Конструкция стыков продольных дрен и расчет их количества 26
Ш.3.В. Расчет фильтровых обсыпок 3I
Ш.4. Сброс воды трубчатыми воронками 33
Ш.4.А. Конструкция воронок 33
Ш.4.Б. Расчет расстояния между трубчатыми воронками 36
Ш.5. Сброс воды в населенных пунктах 40
Ш.6. Осушение дренирующего слоя на участках с продольным уклоном более поперечного 42
Ш.6.А. Местоположение поперечных прорезей мелкого заложения и их конструкции 42
Ш.6.Б. Расчет расстояния между прорезями 46

IУ. Особенности технологии производства работ по устройству дренирующего слоя 47
IУ.I. Подготовительные работы 47
IУ.2. Перевозка и хранение труб и трубофильтров . . 48

IУ.3. Подготовка корыта 48
IУ.4. Устройство трубчатого дренажа 49
IУ.5. Технологические особенности устройства дренирующего слоя 53

У. Контроль качества работ по устройству дренирующего слоя 54

Приложение I Расчетные значения максимальной высоты капиллярного поднятия $h_к$ песков различного качества 56

Приложение 2 Расчетное уравнение для вычисления требуемого коэффициента фильтрации песков, допустимых для устройства дренирующих слоев дорожных одежд . . . 57

Приложение 3 Расчетное количество свободной и капиллярной воды, поглощаемое песчаным слоем высотой I см и площадью $1м^2$. 59

Приложение 4 Примеры расчета дренирующего слоя. . . 60

ЦБТИ Минавтотранса РСФСР
Ответственный за выпуск К.Д.Кочетков
Подготовила к изданию инж. И.А.Плткина
Редактор Г.П.Горяченков
Корректор Т.С.Абрамова

Подписано к печати 27.II.1970г. Уч.-изд.л. 3,7
Л95180 Тираж 3500 экз. Цена 37 коп. Заказ 145

Адрес ЦБТИ:Москва,Д-56,ул.Климашкина,12
Рогапринт ЦБТИ Минавтотранса РСФСР Москва,И-Басманная,28

gost.e-ecolog.ru