

## 6 УВЛАЖНЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЮ

- 6.1. Источники увлажнения земляного полотна
- 6.2. Дорожно-климатическое районирование
- 6.3. Классификация местности по типу увлажнения
- 6.4. Оптимальное возвышение бровки земляного полотна
- 6.5. Устройство изолирующих прослоек
- 6.6. Поверхностный водоотвод от дороги
  - 6.6.1. Боковые водоотводные каналы
  - 6.6.2. Поперечные водоотводные каналы
- 6.7. Подземный водоотвод
  - 6.7.1. Грунтовые воды
  - 6.7.2. Дренарующий слой дорожных одежд и схемы отвода воды из него
  - 6.7.3. Дренажи

### 6.1 Источники увлажнения земляного полотна

Насыщение земляного полотна дороги влагой – крайне опасное явление, т.к. при этом сильно снижается прочность дорожной одежды и устойчивость откосов насыпей и выемок. На рис. 6.1 показаны деформации дорожных одежд в результате пучения грунта земляного полотна.



Рисунок 6.1 – Разрушение дорожной одежды в результате пучения грунта земляного полотна

Источниками увлажнения земляного полотна являются:

- выпадающие осадки;
- приток воды от дождей и таяния снега со склонов местности;
- капиллярное поднятие от уровня грунтовых вод;
- конденсация водяных паров из воздуха;
- перемещение плёночной влаги по поверхности грунтовых частиц.

В зависимости от климатического района, местных условий и времени года обычно преобладают те или иные причины увлажнения земляного полотна.

## 6.2 Дорожно-климатическое районирование

Обширная территория России не позволяет проектировать земляное полотно и дорожную одежду во всех климатических зонах по единым правилам. Поэтому территория России разделена на 5 дорожно-климатических зон. В основу деления положено естественно-историческое районирование, которое делит территорию страны на ряд зон, отличающихся общностью климата и гидрологических условий. Это выражается примерно в однородных почвах и растительности в пределах зоны. Границы дорожно-климатических зон не совпадают с границами естественно-исторического районирования по следующим причинам:

- низ дорожной одежды возвышается над поверхностными и грунтовыми водами;
- очистка дороги от снега увеличивает глубину промерзания земляного полотна.

Выделяют следующие зоны (рис. 6.2):

I – зона распространения многолетнемерзлых грунтов. В этой зоне просачиванию воды внутрь препятствуют многолетнемерзлые грунты, поэтому верхние слои грунта переувлажнены.

II – зона избыточного увлажнения. вследствие значительного количества выпадающих осадков, малой испаряемости и высокого уровня расположения грунтовых вод.

III – зона значительного увлажнения в отдельные годы. Она характеризуется значительным увлажнением весной и осенью.

IV – зона недостаточного увлажнения характеризуется умеренной влажностью верхних слоёв грунта вследствие значительной испаряемости и небольшого количества осадков.

V – зона засушливая. Для неё характерно незначительное увлажнение вследствие сильной испаряемости.

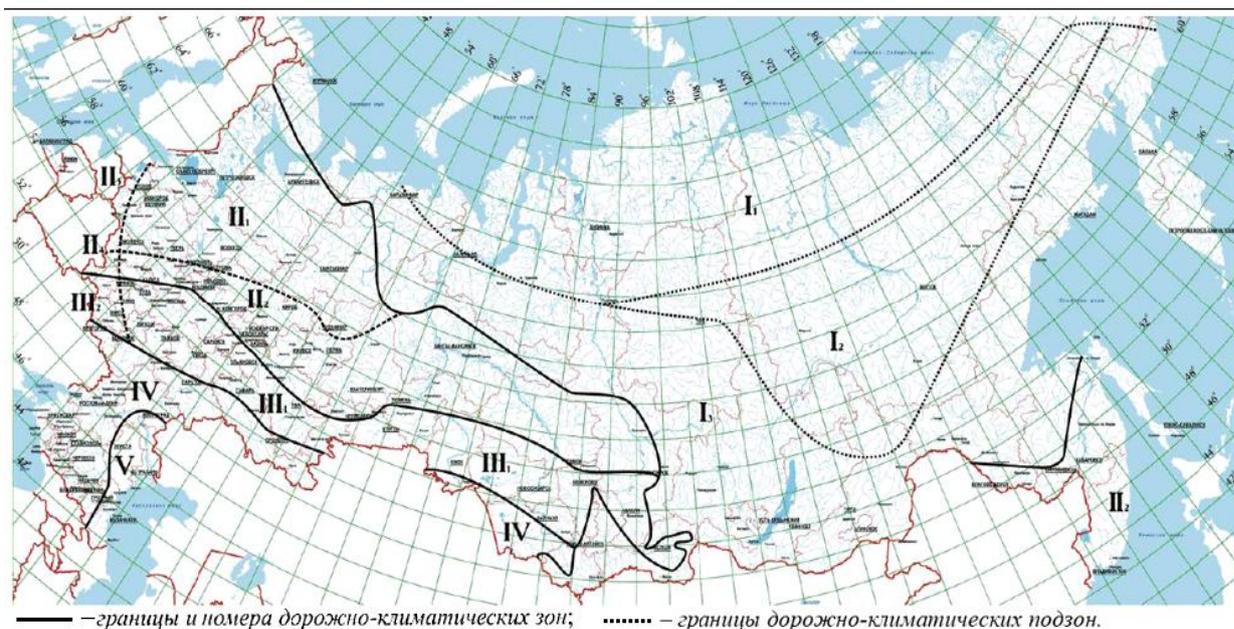


Рисунок 6.2 – Дорожно-климатическое районирование

Границы дорожно-климатических зон не являются строго очерченными. В пограничных районах примерно в пределах полосы шириной 100-150 км к северу и югу отдельные участки дорог следует относить к той или иной зоне на основе анализа местных условий.

### 6.3 Классификация местности по типу увлажнения

Дорожно-климатическое районирование даёт лишь общую характеристику географического района.

Участки трассы по условиям увлажнения и обеспеченности отвода воды делятся на три типа:

1 – сухие места с обеспеченным поверхностным водоотводом (поперечный уклон более 2-5 ‰);

2 – сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года, на которых грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение поверхностных слоёв грунта;

3 – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением.

Хорошей характеристикой грунтовых и гидрогеологических условий на глубину 8-10 м часто является растительность. Используя различные справочники «растений-индикаторов», можно при изысканиях судить о видах подстилающих грунтов и глубине подземных вод.

### 6.4 Оптимальное возвышение бровки земляного полотна

Земляное полотно воспринимает всё давление транспортных средств, передающееся через дорожные одежды. Поскольку сопротивление грунта сильно меняется при колебаниях его влажности, то для надёжной работы дорожных одежд необходимо, чтобы было обеспечено постоянство водного режима земляного полотна в течение всего года. Для этого должно быть предотвращено проникание воды в земляное полотно по капиллярам.

Рассмотрим конструкцию дорожной одежды, показанной на рис. 6.3.

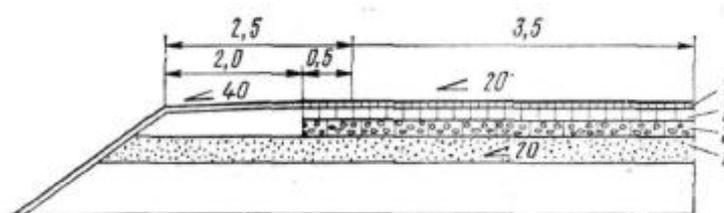


Рисунок 6.3 – Конструкция дорожной одежды

*Дорожная одежда* – это многослойная конструкция, у которой

1 – верхний слой покрытия – среднезернистый плотный асфальтобетон (например, 4 см).

2 – нижний слой покрытия – крупнозернистый пористый асфальтобетон (8 см)

3 – верхний слой основания – песчано-гравийная смесь, укрепленная цементом (22 см)

4 – нижний слой основания – песок (30 см).

Нижний слой основания является дренирующим и морозозащитным. Чем выше насыпь, тем больше путь перемещения воды, проникающей в промерзающую зону. И, следовательно, меньше весенняя влажность. При этом уменьшается стоимость дорожной одежды (т.к. уменьшается толщина нижнего слоя основания), но увеличиваются затраты на сооружение земляного полотна.

Наиболее рациональна высота насыпи  $H_{opt}$ , при которой строительная стоимость дороги минимальна (рис. 6.4). Определённые из таких соображений оптимальные возвышения бровки земляного полотна приведены в СП 13330.2012 «Автомобильные дороги».

Необходимое возвышение бровки земляного полотна обусловлено также видом грунта земляного полотна, дорожно-климатической зоной, высотой снежного покрова.

При невозможности поднять бровку земляного полотна до оптимальной высоты, например, когда отметка дороги определяется условием пересечения автомобильных дорог в одном уровне или отметками застройки, постоянство водного режима верхней части земляного полотна может быть обеспечено:

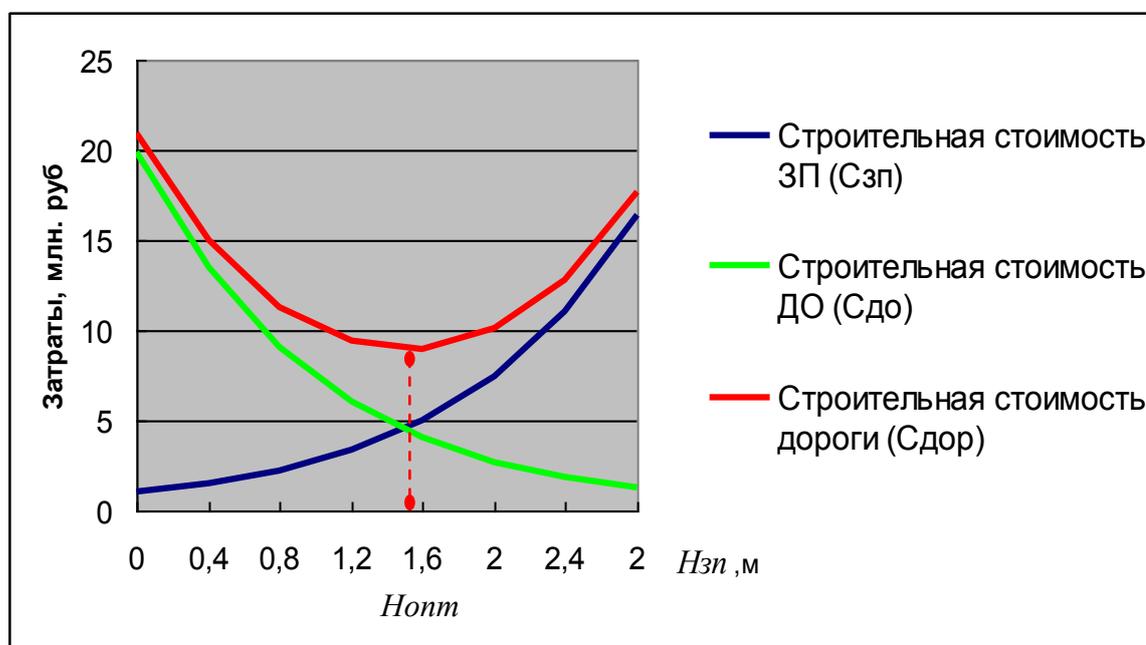


Рисунок 6.4 – Минимизация строительных затрат при назначении оптимальной высоты насыпи

$$C_{дор} = C_{ЗП} + C_{ДО}$$

- устройством внутри земляного полотна изолирующих прослоек;
- обеспечением отвода воды от дождей и таяния снега;
- устройством дренажей.

### 6.5 Устройство изолирующих прослоек

Прослойки бывают двух видов:

- прерывающие все виды перемещений;
- прерывающих только капиллярное поднятие.

**Прослойки, прерывающие все виды перемещений** устраивают из синтетических нетканых материалов (геотекстиля), обработанных органическим вяжущим на пучинистых и сильно пучинистых грунтах земляного полотна (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Конструкция влагоизолирующей прослойки

**Прослойки, прерывающие только капиллярное поднятие**, устраивают из крупнозернистых хорошо фильтрующих материалов (гравия, щебня или гравелистого песка). Толщина этих прослоек обычно не менее 15-20 см и должна превышать высоту капиллярного поднятия (рис. 6.6).

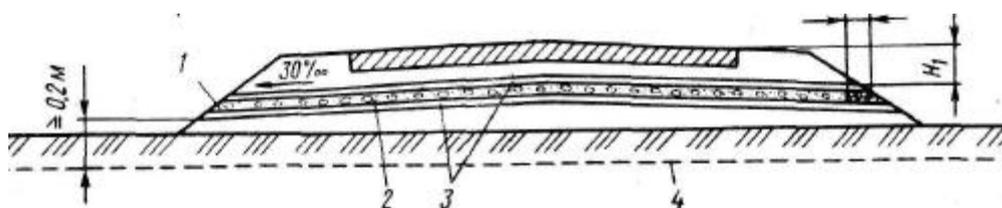


Рисунок 6.6 – Конструкция прослойки, прерывающей капиллярное поднятие; 1 – щебень; 2 – крупнозернистая прослойка; 3 – противозаиливающие прослойки; 4 – уровень грунтовых вод

Водонепроницаемые прослойки наиболее целесообразны в IV и V дорожно-климатических зонах, где грунтовые воды расположены глубоко и увлажнение земляного полотна происходит в результате парообразного перемещения. Капиллярно-прерывающие прослойки устраивают преимущественно во II и III дорожно-климатических зонах.

## 6.6 Система водоотвода от земляного полотна

*Система дорожного водоотвода* состоит из ряда сооружений и отдельных конструктивных мероприятий. Она предназначена для перехвата и отвода воды от земляного полотна или предотвращения доступа воды в верхнюю часть.

Для отвода воды с поверхности дороги придают выпуклое очертание поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде, планируют и укрепляют обочины. Поперечный уклон проезжей части назначается в зависимости от вида покрытия и дорожно-климатической зоны. Например, асфальтобетонному покрытию в условиях II-IV дорожно-климатических зон придают поперечный уклон 20 ‰, а обочинам – 40 ‰ (рис. 6.3).

Для отвода воды вдоль земляного полотна устраивают кюветы или используют резервы. С целью перехвата воды, стекающей по склонам, устраивают нагорные канавы.

Устраивают мосты и трубы для пропуска воды из боковых канав.

### 6.6.1 Боковые продольные каналы

Боковые продольные каналы – *кюветы* устраивают в выемках и у насыпей с небольшими рабочими отметками. В условиях равнинной местности – не более 1,5 м, в условиях пересеченной – не более 2 м. Они способствуют осушению верхней части земляного полотна в связи с испарением влаги с откосов кюветов. Однако положительное действие боковых каналов сказывается лишь при быстром удалении из них воды.

Продольные водоотводные каналы предусматриваются:

- в выемках;
- с нагорной стороны насыпей при поперечном уклоне местности более 20%.
- с обеих сторон при поперечном уклоне местности менее 20% и высоте насыпей

*Поперечное сечение кюветов.* Если условия поверхностного стока недостаточно удовлетворительны и грунты слабо водопроницаемы, то боковым каналам придают трапециевидное сечение. Заложение откосов кюветов составляет 1:1,5 – 1:4 (рис. 6.7).

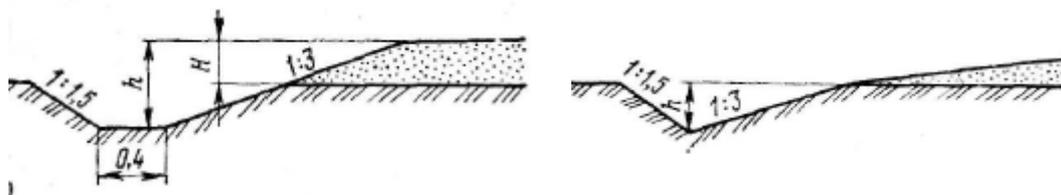


Рисунок 6.7 – Виды кюветов; слева – трапециевидное, справа - треугольные лотки

Если земляное полотно возводят в сухих местах с обеспеченным быстрым стоком поверхностных вод, а грунтовые воды расположены глубоко, то боковые каналы устраивают в виде треугольных лотков. Заложение откосов лотков – 1:3.

Глубина кюветов должна быть не менее 0,3 м. В выемках обычно глубина кювета составляет 0,7-0,8 м (расстояние от дна кювета до бровки земляного полотна). Максимальная глубина кюветов не должна превышать 1 м

*Продольный профиль боковых канав.* У насыпей обычно каналы нарезают после их возведения. Поэтому уклоны канавы обычно повторяют уклоны поверхности земли, но не должны быть меньше 5 ‰ (на равнинных участках, как исключение – 3 ‰). В противном случае вода будет застаиваться в канавах.

В выемках каналы выполняются сразу в процессе ее устройства. Уклон дна канавы в выемке повторяет уклон проектной линии. На криволинейных участках проектной линии кривые заменяются отрезками по 100 м.

Вода из боковых канав должна выводиться в пониженные места не реже чем через 500 м. В водонепроницаемых песчаных, щебенистых и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, каналы у насыпей не устраивают.

Глубину канав в равнинной местности назначают по опыту эксплуатации, в указанных выше пределах. При значительном притоке воды пропускную способность канав проверяют гидравлическими расчётами.

### 6.6.2 Поперечные водоотводные каналы

Эти сооружения служат для отвода воды из:

- пониженных мест на водоразделах;
- бессточных впадин;
- продольных канав на затяжных спусках.

Сечение водоотводных канав обычно принимается равным сечениям тех канав, из которых отводится вода. Для лучшего пропуска воды и для уменьшения объемов земляных работ откосы водоотводных канав следует устраивать наибольшей крутизны, допустимой по условиям устойчивости грунтов.

Водоотводные каналы следует проектировать с обеих сторон земляного полотна в случае:

- на местности с поперечным уклоном менее 20 ‰;
- на участках с переменной сторонностью поперечного уклона (на водоразделах);
- на болотах.

Если приток воды слишком большой, то водоотводные продольные каналы или резервы могут переполняться, и не будут выполнять своих функций по осушению земляного полотна. В связи с этим вода из боковых канав и резервов, расположенных с нагорной стороны, сбрасывается на низовую сторону дороги перепускными трубами, располагаемыми не реже чем через 500 м вдоль дороги на спуске к тальвегу.

Выпуск воды из кюветов и лотков должен осуществляться в нагорные, водоотводные каналы или пониженные места рельефа, если это не вызовет заболачивания и застоя воды у земляного полотна.

Выпуск воды из канав, резервов и кюветов на склоны логов допускается при отсутствии угрозы развития оврагов.

Существенное значение для исправной работы канав и предупреждения их размыва и заиления имеет правильное, плавное соединение и примыкание их.

Приёмы соединения канавы с водотоком выше и ниже сооружения различны и зависят от местных условий.

Повороты канав в плане  $R \geq 10$  м. На участках подходов к мостам и трубам  $R \geq 20$  м.

Вывод боковой канавы из выемки зависит от того, имеются ли резервы у прилегающей насыпи или нет.

**Водоотводная канава из бессточной впадины с устройством перепускной трубы устраивается в случае одностороннего отвода (рис. 6.8).**

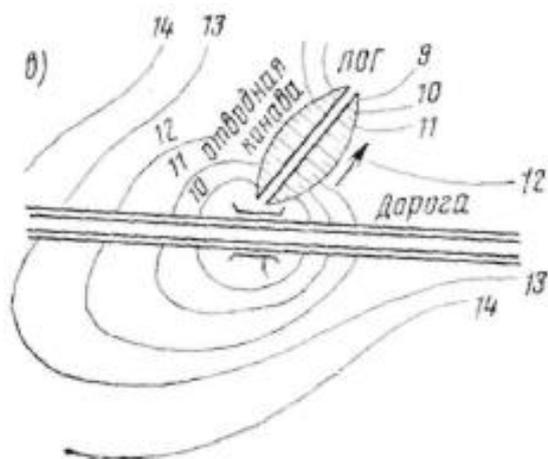


Рисунок 6.8 – Водоотводная канава из бессточной впадины

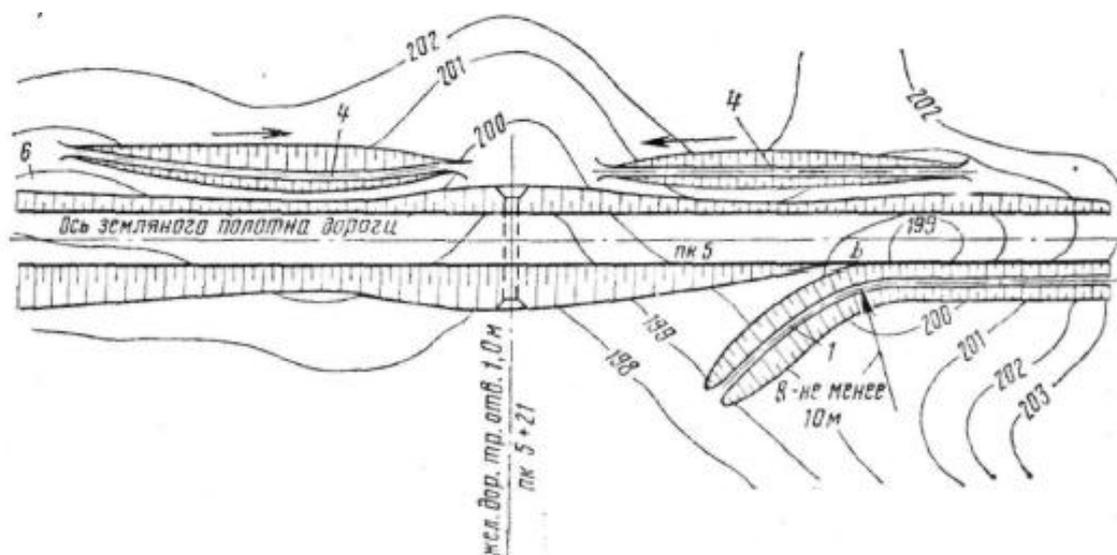


Рисунок 6.9 – Перепуск воды из мелкой лоцины

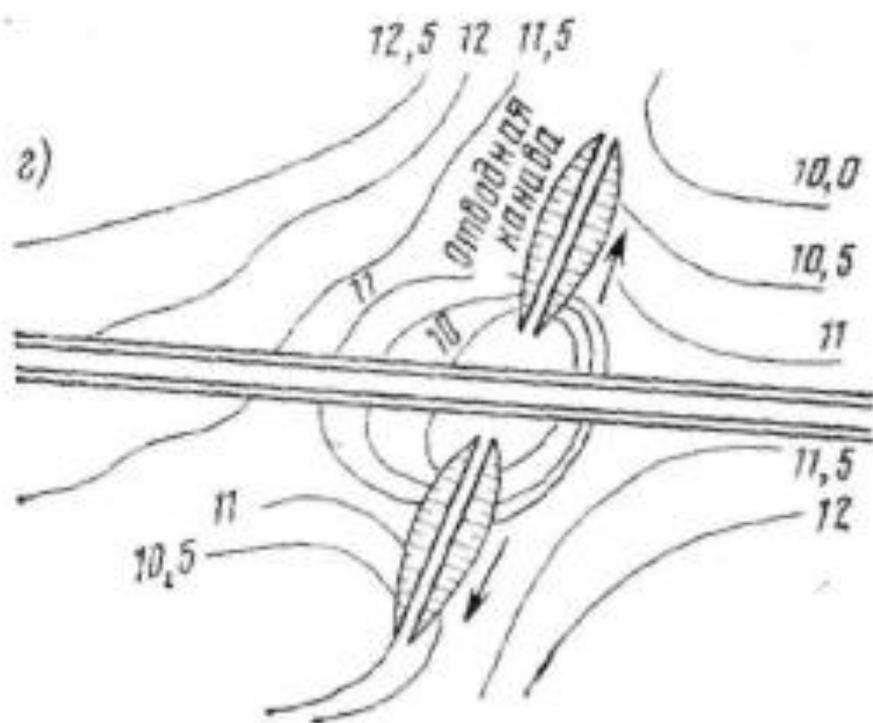


Рисунок 6.10 - Двухсторонний отвод воды из бессточной впадины

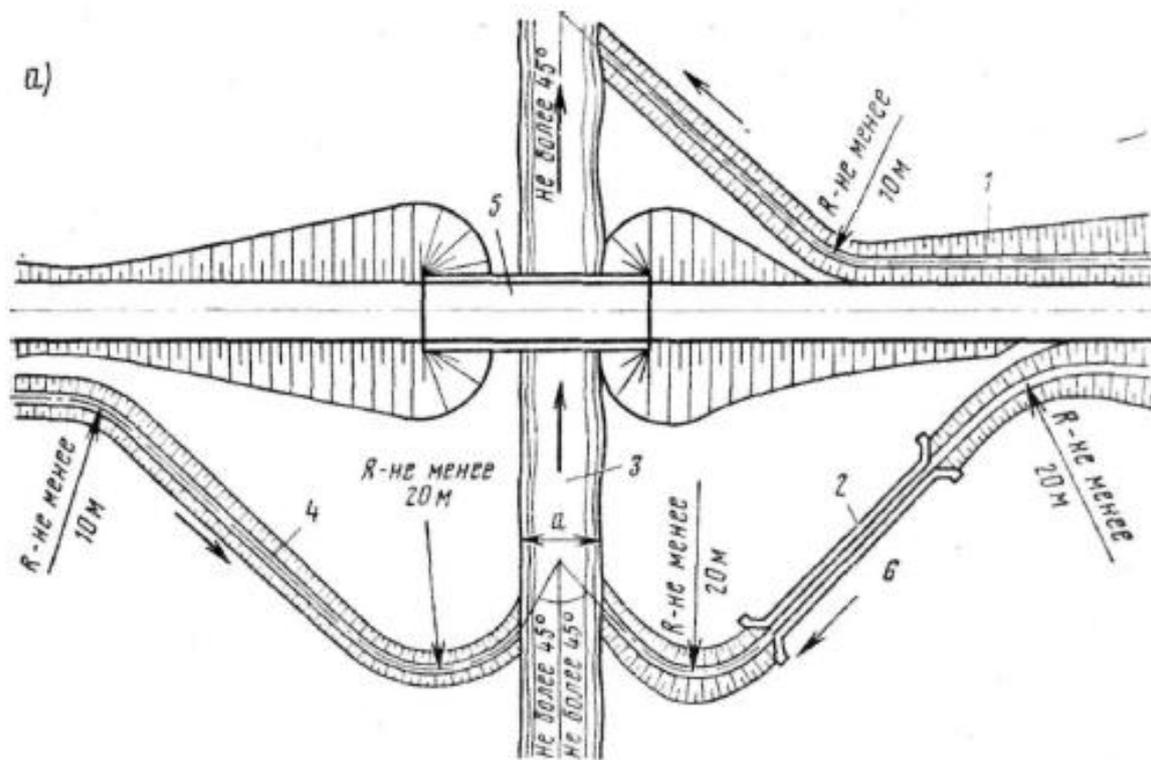


Рисунок 6.11 -Отвод воды из кюветов в водотоки

### Нагорные канавы

*Нагорные канавы* служат для перехвата воды, стекающей по косогору к дороге и для отвода ее к ближайшим искусственным сооружениям, в резервы и в пониженные места рельефа. Им придают трапецевидное поперечное сечение. Оно меняется по мере увеличения водосборного бассейна. Продольный уклон назначают из условия, чтобы вода не размывала грунт (но не менее 5‰).

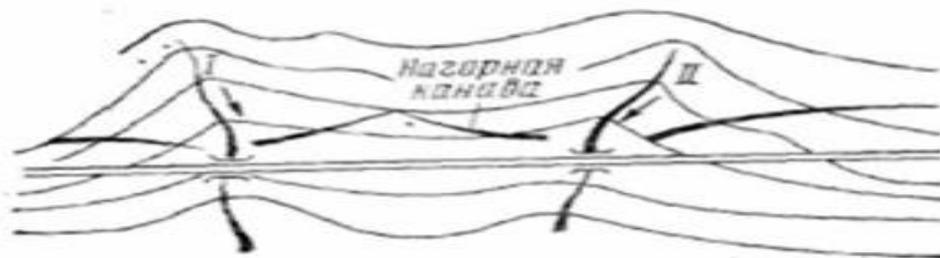


Рисунок 6.12 –Трасса с нагорными канавами

Расстояние от нагорных канав от края выемки должно быть не менее 5 м. На косогорах с уклоном менее 1:5 грунт из нагорных канав используют для устройства невысокого

валика (банкета) между выемкой и нагорной канавой. Он предохраняет дорогу от затопления при переполнении нагорной канавы.

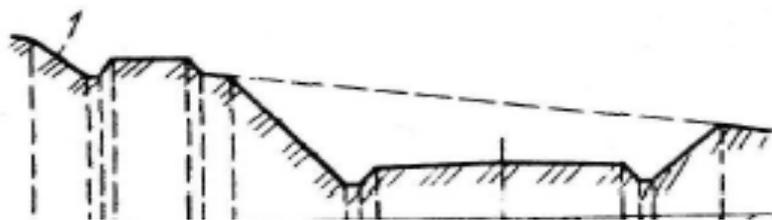


Рисунок 6.13 – Поперечный профиль земляного полотна с нагорной канавой

## 6.7 Подземный водоотвод

### 6.7.1 Грунтовые воды

Кроме поверхностных вод на дорожную конструкцию оказывают влияние и так называемые *грунтовые воды*, передвигающиеся в толще грунтовых или горных массивов. Соответственно различают *водоупорные грунты* – препятствующие току воды и *водоносные* – способствующие передвижению воды в толще грунтовых или горных массивов. Верхняя поверхность водоносного слоя носит название *зеркала грунтовых вод*. Уровень грунтовых вод определяют с помощью скважин и шурфов. При этом, определяют горизонт грунтовых вод (ГГВ) в целом ряде точек путем бурения скважин и устройства шурфов и полученные одинаковые отметки ГГВ соединяют линиями – *изогибсами*, рис. 6.14.

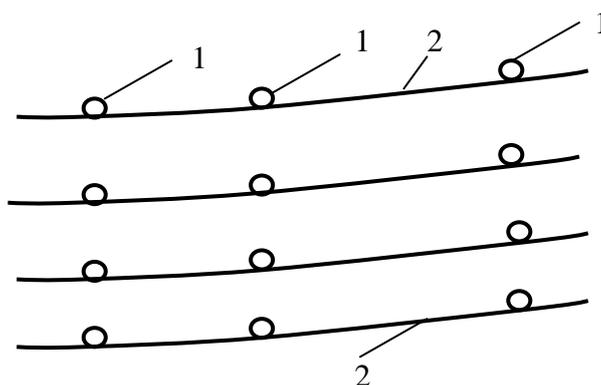


Рисунок 6.14 – План ГГВ; 1 – скважины; 2 – линии тока воды с одинаковыми отметками

Для грунтовых вод характерен гидравлический уклон уровня грунтовой воды – уклон водоносного слоя

$$i_B = \frac{\Delta h}{l}, \quad (6.1)$$

где  $\Delta h$  – разность отметок смежных изогибс,  $l$  – расстояние между изогибсами по кратчайшей линии – перпендикуляру.

Грунтовые воды оказывают большое влияние на дорогу (земляное полотно, дорожную одежду), поэтому самым оптимальным следует считать обход участка местности с высоким уровнем ГГВ. Но так как часто это невозможно, то следует предусматривать различные мероприятия. Для предотвращения воздействия грунтовых вод на земляное полотно и дорожную одежду предусматривают достаточное возвышение поверхности покрытия над их уровнем, устраивают в теле земляного полотна прослойки для прерывания перемещения влаги, а также дренажи для понижения уровня этих вод.

### 6.7.2 Дренарующий слой дорожных одежд и схемы отвода воды из него

К системе дорожного водоотвода относят также подстилающий дренарующий слой дорожных одежд из песка, гравия и других крупнозернистых материалов с высоким коэффициентом фильтрации, который собирает воду, проникающую через обочины, трещины и швы в покрытиях.

Воду из дренающего слоя в благоприятных условиях отводят на откосы насыпи или в боковые канавы дренажными воронками. *Дренажная воронка* – водоотводное сооружение закрытого типа, сооружаемое под обочинами по обеим сторонам дорожной одежды в шахматном порядке и заполняемое дренающим материалом для отвода воды или осушения верхней части земляного полотна, с выходом на дневную поверхность.

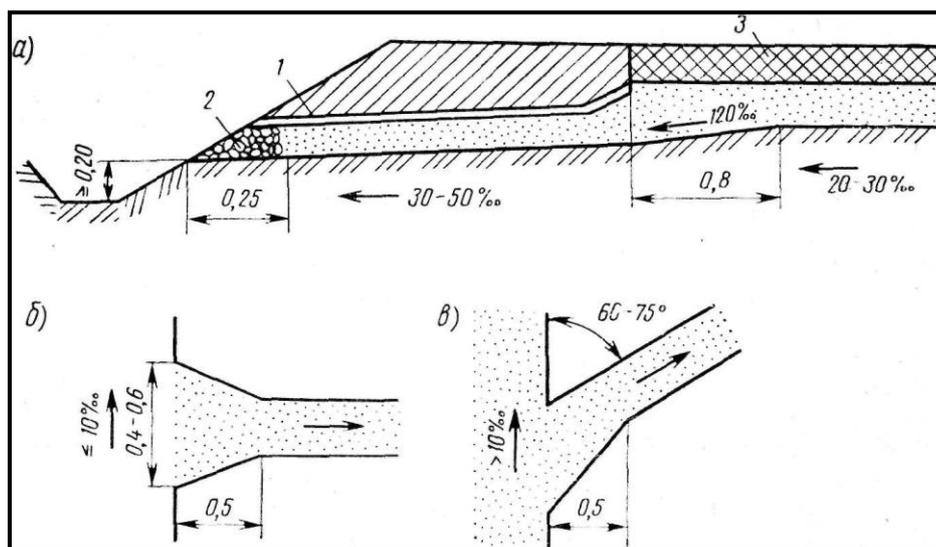


Рисунок 6.15 – Конструкции дренажных воронок: а – разрез по полотну дороги; б, в – примыкания воронки к песчаному слою при малых и больших уклонах соответственно 1 – прослойка из дерна или мха; 2 – щебень или гравий; 3 – дорожная одежда

Дренажным воронкам придают сечение 0,4x0,2 м и располагают их через 4-6 м в шахматном порядке. Пропускная способность воронок невелика. Весной они тают под снегом обочин гораздо медленнее и не работают.

В местах с менее благоприятными условиями воду из дренажного слоя отводят поперечными и продольными асбестоцементными или керамическими трубками (рис. 6.16).

### 6.7.3 Дренажи

Практика проектирования дренажных сооружений в зависимости от рельефа местности, типа земляного полотна и взаимодействия с другими сооружениями (например, пересечение автомобильной и железной дорог в одном уровне) предполагает либо перехват, либо понижение уровня грунтовых вод. Исходя из этого, дренажные сооружения подразделяют на перехватывающие и понижающие.

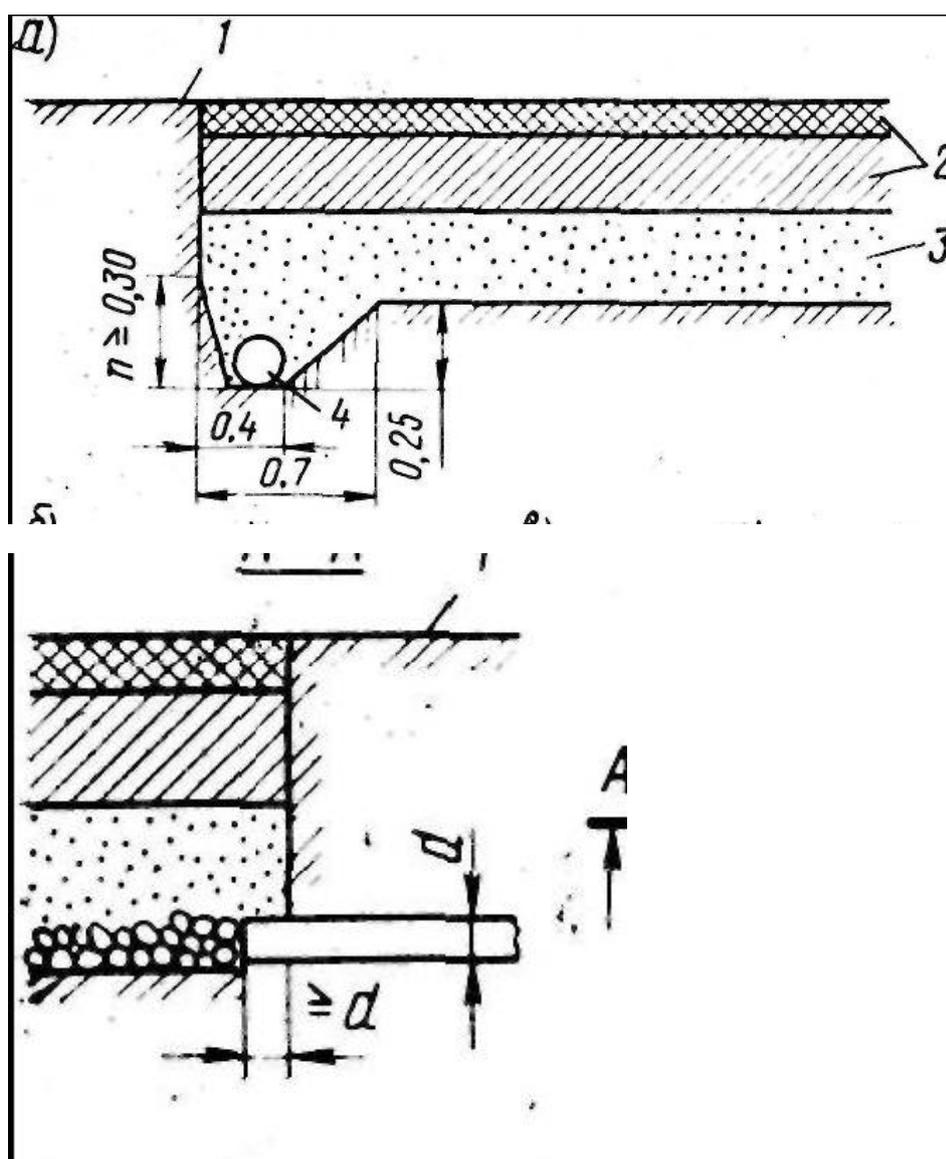


Рисунок 6.16 – Конструкции дренажных устройств с трубками: а – разрез по полотну дороги; б – отводящие трубки; 1 – обочина; 2 – монолитные слои дорожной одежды; 3 – дополнительный дренирующий слой основания дорожной одежды

Перехватывающие дренажные сооружения устраивают обычно в откосах выемок в случае, если выемка пререзает водоносный слой до водоупора, рис. 6.17.

Проектирование земляного полотна автомобильных дорог при высоком уровне грунтовых вод ведется с учетом руководящей отметки. Однако очень часто высотное положение верха земляного полотна оказывается жестко фиксированным. Примером может служить пересечение автомобильной и железной дорог в одном уровне при высоком горизонте грунтовой воды. В этом случае единственным способом предохранения основания дорожной

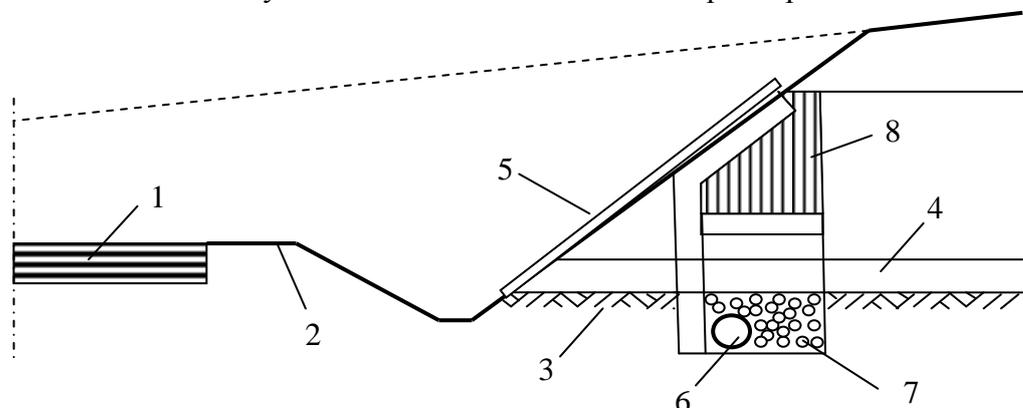


Рисунок. 6.17 – Схема перехватывающего дренажа; 1 – дорожная одежда; 2 – земляное полотно; 3 – водоупор; 4 – водоносный слой; 5 – укрепленный откос; 6 – асбестоцементная труба диаметром  $d = 0,15 \div 0,20$  м; 7 – щебень или гравий; 8 – глина

одежды от переувлажнения является понижение грунтовых вод под земляным полотном с помощью дренажа. Для этого устраивают боковые дрены, закладываемые на глубину, обеспечивающую требуемое понижение уровня грунтовых вод. В зависимости от глубины заложения дрен устраивают *совершенный дренаж*, когда дрены кладутся на водоупор (рис. 6.18, а), и *несовершенный дренаж*, когда дрены располагают между водоупором и поверхностью земли (рис. 6.18, б).

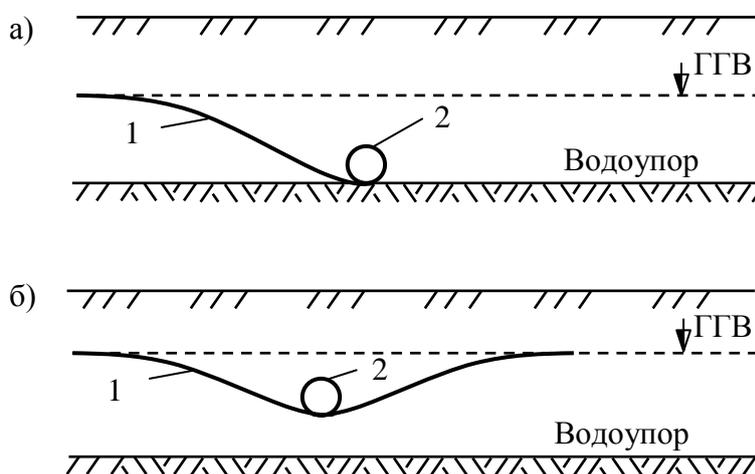


Рисунок 6.18 – Виды дренажа; а – совершенный дренаж; б – несовершенный дренаж; 1 – кривая депрессии; 2 – дренажная труба

Расчет дренажа сводится к определению глубины заложения дрен, объему притекающей к дрене грунтовой воды и определению сечения дрен. Он ведется для перехватывающего и понижающего дренажа раздельно.

### Литература

1. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
2. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
3. Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы: учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 144 с. (в печати).