

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

ДОРОГИ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования, обеспечивающих
получение общего высшего образования по специальности
6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры*

Горки
БГСХА
2024

УДК 332.3(075.8)

ББК 65.32-5я7

К60

*Рекомендовано методической комиссией
землеустроительного факультета 23.04.2024 (протокол № 8)
и Научно-методическим советом БГСХА 24.04.2024 (протокол № 8)*

Авторы:

доктор экономических наук, доцент *А. В. Колмыков*;
ассистент кафедры землеустройства *А. Н. Авдеев*

Рецензенты:

кандидат экономических наук, доцент *Д. А. Чиж*;
кандидат экономических наук, доцент *Т. А. Тетеринец*

Колмыков, А. В.

К60 Инженерное оборудование территории. Дороги местного значения : учебно-методическое пособие / А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев. – Горки : БГСХА, 2024. – 243 с.

ISBN 978-985-882-499-0.

Рассмотрены общие сведения об автомобильных дорогах и автомобильных перевозках; дорожные изыскания и методы проектирования сети местных дорог; проектирование дороги в плане, методика построения поперечного и продольного профилей автомобильной дороги; организация водоотводов на дорогах и переходы через водотоки; дорожные одежды и их устройство.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры.

УДК 332.3(075.8)

ББК 65.32-5я7

ISBN 978-985-882-499-0

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблем дальнейшего экономического развития нашей страны, создание мощной продовольственной и сырьевой базы для роста народного благосостояния, приближения условий жизни в сельской местности к городским неразрывно связано не только с интенсификацией сельскохозяйственного производства, утверждением в нем на равноправной основе различных форм хозяйствования, но и грамотным, научно обоснованным оснащением территорий инженерными сооружениями и коммуникациями, объединением усилий всех отраслей хозяйственного комплекса для получения высоких конечных результатов.

Учебная дисциплина «Инженерное оборудование территории» относится к модулю «Науки о земле» компонента учреждения высшего образования. Она раскрывает принципы технико-экономического обоснования размещения и определения размеров всех элементов дорог и инженерных сетей на основе комплексного учета народнохозяйственного значения, природных условий и требований эффективности, экономичности и безопасности автомобильных перевозок.

Цель учебной дисциплины «Инженерное оборудование территории» – обеспечение будущих инженеров теоретическим знаниями, методическим приемами и способами организации инженерно-транспортной инфраструктуры административного района и конкретных сельскохозяйственных предприятий.

Задачей учебной дисциплины является формирование у студентов инженерного мышления и привитие практических навыков в области проектирования внешних инженерных сетей и межхозяйственных коммуникаций, обеспечивающих транспортные связи, социальные условия проживания сельского населения и процессы сельскохозяйственного производства.

Курс учебной дисциплины «Инженерное оборудование территории» состоит из двух разделов: «Дороги местного значения» и «Внешние инженерные сети».

В первом разделе рассматриваются вопросы:

Общие сведения об автомобильных перевозках и дорогах.

Дорожные изыскания и проектирование сети местных дорог.

Дорога в поперечном профиле.

Дорога в плане.

Дорога в продольном профиле.

Водоотводы на дорогах и переходы через водотоки.

Дорожные одежды.

Основные принципы организации строительства, содержания и ремонта местных дорог.

Освоение учебной дисциплины основывается на компетенциях, приобретенных ранее студентами при изучении учебных дисциплин «Геодезия», «Инженерная графика и автоматизированные системы проектирования», «Высшая математика», «Физика». В свою очередь компетенции, приобретенные студентами при изучении учебной дисциплины, будут использованы при изучении дисциплин: «Теоретические основы землеустройства», «Землеустройство крестьянских (фермерских) хозяйств», «Региональные особенности землеустройства».

В результате изучения учебной дисциплины студент должен быть способен применять инженерные знания и навыки при проектировании и технической инвентаризации объектов недвижимого имущества.

Общее количество часов, отводимое на изучение первого раздела «Дороги местного значения» учебной дисциплины «Инженерное обустройство территории» для студентов дневной формы обучения, составляет 166 часов, из них аудиторные занятия – 74 часа. На самостоятельную работу студентов предусмотрено 92 часа.

Для заочной формы обучения общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины, составляет 206 часов. На аудиторную работу отводится 18 часов, на самостоятельную работу – 145 часов.

1. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ЕГО СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

1.1. Общее понятие инженерного оборудования территории и его составные части.

1.2. Значение автотранспорта и автомобильных дорог в сельском хозяйстве.

1.3. Состояние автомобильных дорог и перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь.

1.4. Классификация автомобильных дорог в Республике Беларусь.

1.1. Общее понятие инженерного оборудования территории и его составные части

Инженерное оборудование территории – это совокупность инженерных сооружений (объектов), включая коммуникации, обеспечивающие благоприятные условия жизнедеятельности населения, защиту природной среды от негативных природных и антропогенных явлений и процессов.

Инженерное оборудование территории состоит из ряда систем: транспортной системы; системы энергоснабжения, включающей (газоснабжение, электроснабжение, теплоснабжение); водоснабжения, водоотведения (канализации); водных систем; систем телекоммуникаций (связи) и др.

Функции каждой системы состоят в следующем:

Транспортная система – обеспечивает транспортные связи (перевозку грузов и перемещение людей) между населенными пунктами, производственными предприятиями и другими объектами.

Система газоснабжения – производственный комплекс, состоящий из технологически, организационно и экономически взаимосвязанных и централизованно управляемых производственных и иных объектов, предназначенных для транспортировки, хранения газа и снабжения газом потребителей.

Система электроснабжения служит для производства и передачи электрической энергии от источника ее производства к потребителям, включает целый комплекс зданий и сооружений, обеспечивающих выработку электрической энергии – генератор (электростанции, атомные станции, гидроэлектростанции; солнечные батареи; ветроэлектрические установки); устройства распределения; передачи (линии электро-

передач), преобразования электроэнергии (трансформаторные подстанции) и т. д.

Система теплоснабжения включает сооружения и коммуникации, обеспечивающие производство тепловой энергии, передачу ее потребителю с помощью воды или пара.

Система теплоснабжения может быть централизованной и местной.

Система водоснабжения включает сооружения и коммуникации, служит для забора воды, доведения ее до необходимого качества и передачу ее потребителю.

Система водоснабжения бывает двух видов – централизованная и децентрализованная (местная).

Система канализации включает совокупность взаимосвязанных сооружений, предназначенных для сбора, транспортирования, очистки сточных вод различного происхождения и сброса очищенных сточных вод в водоем-водоприемник или в подачу на сооружения оборотного водоснабжения.

Система телекоммуникаций включает совокупность аппаратно и программно совместимого оборудования, соединенного в единую систему с целью обмена информацией с использованием кабельные, волноводные, радиорелейные и космические линии связи.

Большинство систем инженерного оборудования территории характеризуются наличием инженерных сетей.

Инженерные сети и оборудование – это совокупность сооружений и коммуникаций, непосредственно используемых в процессе тепло-, газо-, водоснабжения и водоотведения, электроснабжения и связи и др.

Инженерные сети обеспечивают снабжение зданий тепловой энергией; снабжение водой и водоотведение; вентиляцию и кондиционирование; наружное освещение; газоснабжение; сигнализацию и связь; снабжение электрической энергией.

По расположению различают три вида инженерных сетей: подземные; наземные; надземные.

Подземные сети прокладываются в грунте или защищенных трубах, конструкциях, каналах, проходных и непроходных тоннелях.

Наземные инженерные сети – располагаются на поверхности земли и представляют комплекс технических систем, размещенных вне зданий и сооружений, обеспечивающих коммуникацию, транспорт, энергоснабжение и другие жизненно важные функции.

Наземные инженерные сети располагаются на эстакадах, мачтах, галереях, столбах, стенах зданий и сооружений.

Подземные инженерные сети снабжают населенный пункт водой, электроэнергией, теплом, газом и т. д., а также удаляют за его пределы поверхностные сточные воды и производственно-бытовые отходы.

Существуют следующие виды подземных сетей:

- трубопроводы – водопровод, канализация, газопровод, водосток, дренаж,
- кабельные сети – электрокабели высокого и низкого напряжения, кабели наружного освещения, радиокابели, кабели телевидения, кабели общедомовой сети;
- коллекторы – железобетонные сооружения в виде тоннелей, вмещающие в себя различные виды сетей.

Трубопроводы подразделяют на:

- транзитные – проходят через населенный пункт, но в нем не используются;
- магистральные – обслуживают населенный пункт, его районы, промышленные зоны;
- распределительные – обслуживают микрорайоны, улицы;
- разводящие – подводят сети к отдельным объектам (строениям).

Наземные инженерные сети – располагаются на поверхности земли и представляют комплекс технических систем, размещенных вне зданий и сооружений, обеспечивающих коммуникацию, транспорт, энергоснабжение и другие жизненно важные функции.

Надземные инженерные сети – располагаются на эстакадах, мачтах, галереях, столбах, стенах зданий и сооружений.

1.2. Значение автотранспорта и автомобильных дорог в сельском хозяйстве

Все виды транспорта в нашей стране – автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный, трубопроводный – составляют единую транспортную систему, в которой значительная роль по количеству перевозимых грузов и пассажиров, а также по темпу роста перевозок принадлежит автотранспорту.

По сравнению с другими видами транспорта автомобильный обладает рядом особенностей, которые во многих случаях делают его наиболее приемлемым. Он дает возможность получения груза непосредственно в пункте его производства и доставлять в пункт потребления без дополнительных перегрузок; обладает большой маневренностью, что в сравнительно короткий промежуток времени позволяет

сосредоточить необходимое количество транспортных средств в определенном месте и легко менять направление перевозок. Высокая скорость перевозок, малая зависимость от путей сообщения.

Существенный недостаток автомобильного транспорта по сравнению с железнодорожным и водным – значительно большая себестоимость перевозки единицы продукции или одного пассажира, так как на 1 тыс. ткм. приходится большая численность обслуживающего персонала.

В соответствии с грузоподъемностью грузовой автомобильный транспорт подразделяется на малой грузоподъемности – до 3,5 т, средней – 3,5–12 и большой грузоподъемности – более 12 т.

Согласно статистическим исследованиям, автомобили грузоподъемности 3,5–12 т наиболее эффективны для перевозок при наличии обустроенных автомобильных дорог и отсутствии железнодорожных – до 500 км. Для централизованных перевозок скоропортящихся грузов автомобильный транспорт большой грузоподъемности (более 12 т) эффективно используют на расстоянии 1000 и более километров.

Автомобильным транспортом осуществляются почти все виды внутрихозяйственных и межхозяйственных перевозок сельхозпредприятий. Средняя дальность перевозок сельскохозяйственных грузов в целом по стране составляет около 17 км, что свидетельствует о его применении для перевозки короткопробежных грузов, доставлять которые другими видами транспорта невозможно или экономически нецелесообразно.

Автомобильным транспортом в Республике Беларусь перевозится около 80 % сельскохозяйственных грузов, это почти в 4 раза больше, чем всеми остальными видами транспорта вместе взятыми. На его долю приходится также около 90 % всех пассажирских перевозок в сельской местности.

О значении автотранспорта для сельского хозяйства говорит тот факт, что из всей массы перевозимых им грузов более половины сельскохозяйственные: семена, удобрения, топливно-смазочные материалы, машины, разнообразная продукция сельского хозяйства.

Эффективная работа автотранспорта невозможна без хорошо подготовленных путей сообщения, которыми являются автомобильные дороги.

Сеть автомобильных дорог развивается в соответствии с направлением грузовых и пассажирских потоков и одновременно удовлетворяет потребностям административных, культурно-бытовых и иных сообщений.

Работа и эффективность использования автотранспорта в большой степени зависит от состояния автомобильных дорог. Еще значительная часть дорог, расположенная в сельских районах, не имеет твердого покрытия. Проезд по ним на автомобилях, особенно в ненастную погоду затруднен, а иногда и совсем невозможен.

Из-за бездорожья сельскохозяйственные организации вынуждены в распутицу перевозить грузы с помощью тракторов, что снижает скорость перевозок и невыгодно экономически. Плохое состояние дорог (дороги без твердого покрытия) резко снижает эффективность работы автотранспорта: в три – четыре раза уменьшаются скорости перевозок, в 1,5–2 раза увеличивается расход топлива, быстро изнашиваются автомобили, нарушаются сроки вывоза продукции, что снижает ее качество. Все это ведет к увеличению в 1,5–2 раза себестоимости перевозок.

Под колесами автомобилей при объездах непроезжаемых грунтовых дорог в сельскохозяйственных районах погибает, в результате вытаптывания, около 5 % луговых земель и до 2 % посевов зерновых культур.

Сельскохозяйственные предприятия, расположенные в районах с более густой сетью дорог с твердым покрытием, имеют при всех прочих равных условиях более высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Увеличение плотности сети дорог в среднем на 50–60 % позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 60–70 %.

Для достижения равного прироста чистого продукта в сельскохозяйственном производстве в бездорожных районах требуется в 1,3–1,5 раза больше капитальных вложений, чем в районах с развитой сетью дорог.

Сеть благоустроенных автомобильных дорог способствует целесообразному размещению и укрупнению сельских населенных пунктов, позволяет лучше организовать бытовое обслуживание населения и доставку сельских жителей к месту работы в экономически оправданные сроки.

Улучшение состояния автомобильных дорог является важнейшим фактором интенсификации и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

1.3. Состояние автомобильных дорог и перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь

Республика Беларусь имеет выгодное территориально-географическое расположение, через нее проходят важные автомобильные пути, связывающие восточную часть Европы с ее западной частью. Кроме этого, республика имеет довольно густую внутреннюю дорожную сеть. С развитием автомобильного транспорта расширилось и строительство дорог.

Если обратиться к истории, то более 4 столетий тому назад на белорусских землях действовали Статуты – документы, в которых были статьи, устанавливающие государственное регулирование дорог и движение по ним.

В XVII – XIX вв. основные белорусские дороги достигали высокого европейского уровня. В советское время было развернуто широкое дорожное строительство, обеспечивавшее создание оптимальной структуры автомобильных дорог.

В настоящее время при площади территории 207,6 тыс. кв. км и населении 9,3 млн. жителей, в стране имеется сеть дорог общего пользования протяженностью около 87 тыс. километров.

Основную роль дорожной сети играют дороги республиканского значения – их протяженность около 16 тыс. км, в том числе дорог с асфальтобетонным покрытием – 15,2 тыс. км (95,7 % от протяженности республиканских автомобильных дорог), цементобетонным покрытием – 442 км (2,8%), черным гравийным покрытием – 89 км (0,6 %), гравийным и щебеночным покрытием – 157 км (1,0 %). Протяженность местных дорог около 71 тыс. км [2].

Твердое покрытие имеют 75,6 тыс. км дорог (или 86,9 %), в том числе усовершенствованное покрытие (асфальтобетонное и цементобетонное) – 49,0 тыс. км (или 56,4 %), а 1830 км дорог имеют четыре и более полос движения. В составе сети автомобильных дорог общего пользования насчитывается 5298 мостов и путепроводов общей протяженностью 187 тыс. пог. метров.

На территории республики располагается 24,4 тыс. населенных пунктов. Из них 13,3 тыс. не связаны дорогами общего пользования, а 10,5 тыс. не имеют подъездов с твердым покрытием, а это значит, что транспортные связи с ними непостоянны. Протяженность внутрихозяйственных дорог к сельским населенным пунктам составляет 33,8 тыс. км, в том числе не имеющих твердого покрытия – 24 тыс. км.

Среди развитых в дорожном отношении стран Беларусь занимает 15-е место по плотности дорог общего пользования на 1 км² территории и 12-е место по их протяженности на 1000 жителей.

Плотность всех автомобильных дорог на 1000 км² территории в Республике Беларусь составляет 456,6 км (для сравнения: в России в целом – 89,6 км), в странах СНГ данный показатель имеет максимальное значение – 898,4 км – в Азербайджане. В европейских странах, с развитой сетью автомобильных дорог, в частности – Германии, этот показатель равен 1803,3 (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Плотность сети автомобильных и транспортная нагрузка дорог

Страна	Площадь, тыс. км ²	Население, тыс. чел.	Протяженность авто-дорог, тыс. км	Плотность дорожной сети, км/1000 км ²	Плотность дорожной сети, км/1000 чел.	Транспортная нагрузка, чел/км
Республика Беларусь	207,6	9255,5	94,8	456,6	10,2	97,6
Россия	17125,2	147182,1	1538,8	89,9	10,5	95,4
Казахстан	2724,9	19808,4	95,4	347,0	4,8	207,6
Узбекистан	447,4	36 539,1	209,5	468,3	5,7	174,4
Таджикистан	143,1	9886,8	30	209,6	3,0	329,56
Азербайджан	86,6	10119,1	77,8	898,4	7,7	130,1
Армения	29,7	2962,1	7,7	259,3	2,6	384,7
Киргизия	199,9	7037,6	34	170,1	4,8	206,9
Туркменистан	491,2	5942,0	58,6	119,3	9,9	101,4
Китай	9598,9	1411750,0	5200	541,7	3,7	271,5
Индия	3287,263	1414482,0	6700	2038,2	4,7	211,1
США	9833,5	333287,6	6832	694,8	20,5	48,8
Германия	357,4	84270,6	644,5	1803,3	7,6	130,8

Плотность автомобильных дорог общего пользования в Республике Беларусь составляет 1000 человек составляет 10,2 км, что является высоким показателем среди стран СНГ.

Местные автомобильные дороги относятся к коммунальной собственности и состоят на балансе шести коммунальных унитарных предприятий, осуществляющих дорожную деятельность (далее – облдорстрой), которые находятся в непосредственном подчинении облисполкомов.

В составе сети автомобильных дорог общего пользования имеется 5298 мостов и путепроводов общей протяженностью 187 тыс. пог. метров [2].

Протяженность местных автомобильных дорог в республике составляет 71 076 км, в том числе дорог с асфальтобетонным покрытием – 31 494 километра (44,3 % от протяженности местных автомобильных дорог), цементобетонным покрытием – 881 километр (1,2 %), черным гравийным покрытием – 897 километров (1,3 %), гравийным и щебеночным покрытием – 26 189 километров (36,8 %), мостовым покрытием – 180 километров (0,3 %). Протяженность грунтовых автомобильных дорог составляет 11 435 километров (16,1 %).

Протяженность автомобильных дорог общего пользования по областям и республике в целом представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2. **Протяженность автомобильных дорог общего пользования***
(на конец года, км) [2]

Наименование областей	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Республика Беларусь	101 594	101 921	102 383	102 534	102 776	102 961	103 358
Брестская	13 370	13 392	13 488	13 529	13 568	13 714	13 749
Витебская	20 006	20 172	20 254	20 297	20 369	20 352	20 387
Гомельская	14 675	14 737	14 738	14 821	14 835	14 846	14 923
Гродненская	14 804	14 810	14 907	14 954	14 960	15 042	15 130
Минская (включая г. Минск)	23 254	23 369	23 533	23 491	23 609	23 728	23 882
Могилевская	15 484	15 442	15 463	15 442	15 436	15 279	15 288

*В протяженность автомобильных дорог включается протяженность улиц.

Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием представлена в табл. 1.3.

Таблица 1.3. **Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (на конец года, км)* [2]**

Наименование областей	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	2	3	4	5	6	7	8
Республика Беларусь	87 634	88 158	88 558	88 911	89 139	89 830	89 977

Окончание табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Брестская	12 616	12 661	12 748	12 805	12 847	13 011	13 059
Витебская	16 335	16 604	16 652	16 719	16 770	17 116	17 143
Гомельская	12 723	12 775	12 865	12 952	12 969	12 979	12 983
Гродненская	13 576	13 588	13 642	13 700	13 708	13 792	13 744
Минская (включая г. Минск)	20 736	20 852	20 987	21 042	21 158	21 306	21 404
Могилевская	11 648	11 678	11 663	11 693	11 688	11 625	11 644

*В протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием включается протяженность улиц.

Транспортно-эксплуатационное состояние местных автомобильных дорог не в полной мере удовлетворяет потребности народного хозяйства в автомобильных перевозках.

Протяженность местных автомобильных дорог, требующих ремонта, составляет более 35 102 километров (49,4 %).

С ограничением несущей способности дорожного покрытия до 6 тонн на ось эксплуатируется 56 763 км местных автомобильных дорог (79,9 %).

Основным государственным документом, определяющим экономические, правовые и организационные основы управления автомобильными дорогами, является Закон Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности», принятый в 1994 г. [1].

Республиканским органом государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности является Главное управление автомобильных дорог в составе Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

Финансирование дорожной деятельности в отношении республиканских автомобильных дорог осуществляется за счет средств республиканского бюджета, а также иных источников, не запрещенных законодательством.

Финансирование дорожной деятельности в отношении местных автомобильных дорог осуществляется за счет средств местных бюджетов, а также иных источников, не запрещенных законодательством.

Владельцами автомобильных дорог являются [2]:

- организации государственного дорожного хозяйства, подчиненные республиканскому органу государственного управления в области

автомобильных дорог и дорожной деятельности, по отношению к республиканским автомобильным дорогам;

- организации государственного дорожного хозяйства, подчиненные местным исполнительным и распорядительным органам, по отношению к местным автомобильным дорогам;

- государственные юридические лица по отношению к автомобильным дорогам, находящимся в государственной собственности и не относящимся к республиканским или местным автомобильным дорогам;

- юридические и физические лица по отношению к автомобильным дорогам, принадлежащим им на праве собственности;

- юридические лица, индивидуальные предприниматели по отношению к автомобильным дорогам, переданным им в доверительное управление;

- частные партнеры по отношению к автомобильным дорогам, находящимся в государственной собственности и переданным им для исполнения обязательств, предусмотренных соглашением о государственно-частном партнерстве, во владение, пользование, в том числе в безвозмездное пользование, для осуществления дорожной деятельности.

Важнейшие автомобильные дороги Республики Беларусь [3]:

Магистрالی:

М1, Е30 Брест (Козловичи) – Минск – граница Российской Федерации (Редьки) 592 км по территории Республики Беларусь;

М2 Минск – Национальный аэропорт Минск;

М3 Минск – Витебск;

М4 Минск – Могилёв;

М5, Е271 Минск – Гомель;

М6, Е28 Минск – Гродно;

М7 Минск – Ошмяны – граница Литовской Республики (Каменный Лог);

М8, Е95 Граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута);

М9 Минская кольцевая автомобильная дорога;

М10 Граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин;

М11, Е85 Граница Литовской Республики (Бенякони) – Лида – Слоним – Бытень;

М12, Е85 Кобрин – граница Украины (Мокраны).

Республиканские дороги:

Минск – Дзержинск; Столбцы – Ивацевичи – Кобрин; Барановичи – Новогрудок – Ивье; Ивацевичи – Пинск – Столин; Каменец – Жабинка – Фельковичи; Лунинец – Пинск; Высокое – Волчин – граница Республики Польша; Любча – Новогрудок – Дятлово Несвиж – Клецк; Клецк – Синявка – Ганцевичи – Лунинец; Полоцк – Миоры – Браслав; Кричев – Орша – Лепель подъезд к г. Горки; Тюхиничи – Высокое – граница Республики Польша (Песчатка); Верхнедвинск – Шарковщина – Козяны; Толочин – Крупки; Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики (Григоровщина); подъезды к городам: Полоцку, Новополоцку, Верхнедвинску; Витебск – граница Российской Федерации (Лиозно); Полоцк – Россоны; Орша – Дубровно; Гомель – Ветка – Черчерск – Ямное и др. (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Схема размещения основных автомобильных дорог Республики Беларусь

В республике действует Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь (9 апреля 2021 г. № 212), которая разработана в соответствии с приоритетными направлениями социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы и обеспечивает программно-целевое регулирование реализации государственной политики в дорожном хозяйстве [2].

Государственная программа включает: подпрограмму 1 «Республиканские автомобильные дороги»; подпрограмму 2 «Местные автомобильные дороги».

Целью Государственной программы является улучшение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования на основе роста привлечения инвестиций в транспортную инфраструктуру для удовлетворения потребностей экономики и общества в транспортных связях.

Государственной программой определена сумма средств, необходимых для её реализации в 2021–2025 гг., в размере 10 552 470 504,8 руб., в том числе в 2021 г. – 1 632 824 108,8, в 2022 г. – 1 904 491 396, в 2023 г. – 2 164 513 400, в 2024 г. – 2 210 137 000, в 2025 г. – 2 640 504 600 руб.

Из общего объема финансовых средств на реализацию мероприятий Государственной программы будут направлены средства: республиканского бюджета, местных бюджетов, кредитных ресурсов, бюджетов государственных внебюджетных фондов, организаций республиканского и коммунального дорожного хозяйства, иных источников. Конкретные объемы финансирования ежегодно будут корректироваться с учетом возможностей бюджетов, привлечения внутренних и внешних источников финансирования, а также внедрения мероприятий, направленных на повышение эффективности работы дорожного хозяйства.

Подпрограммой 1 – «Республиканские автомобильные дороги» за 2021–2025 годы намечается:

- выполнить текущий ремонт 4300 км республиканских автомобильных дорог и 7000 пог. метров мостов и путепроводов, капитальный ремонт 300 км дорог и 3850 пог. метров мостов и путепроводов;
- отремонтировать и реконструировать не менее 809,6 км республиканских автомобильных дорог и повысить несущую способность их дорожного покрытия до 11,5 т на ось;

- увеличить скоростной режим на протяжении не менее 1789,6 км республиканских автомобильных дорог;

- реконструировать и возвести 509,6 км республиканских автомобильных дорог, в том числе по параметрам I категории – 272,7 км, и 8172,9 пог. метров дорожных сооружений на данных дорогах.

Основные мероприятия по возведению и реконструкции республиканских автомобильных дорог и мостовых сооружений на них направлены на: реконструкцию республиканских автомобильных дорог, являющихся участками трансъевропейских транспортных коридоров, международных маршрутов и их продолжений, общей протяженностью 411,4 километра, в том числе автомобильных дорог М-3 Минск – Витебск на участке Минск – Плещеницы; М-7/Е28 Минск – Ошмяны – граница Литовской Республики (Каменный Лог); М-8/Е95 граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута) на участке Орша – Витебск; Р-23 Минск – Микашевичи на участке Слуцк – Старобин; Р-31 Бобруйск (от автомобильной дороги М-5/Е271) – Мозырь – граница Украины (Новая Рудня) (с мостом через р. Словечна); Р-46 Лепель – Полоцк – граница Российской Федерации (Юховичи) на участке Лепель – Полоцк с обходом г. Полоцка; Р-99 Барановичи – Волковыск – Пограничный – Гродно на участке Зельва – Волковыск, а также М-11/П 2 подъезд к г. Лиде от автомобильной дороги М-11/Е85 (км 39,958).

На основе реализации принципов государственно-частного партнерства планируется [2]:

- реконструировать автомобильную дорогу М-10 граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин на участке Речица – Калининичи;

- реконструкцию пассажиро- и грузонапряженной автомобильной дороги Р-53 Слобода – Новосады на участке Смолевичи – Борисов протяженностью 38,4 км;

- строительство обходов населенных пунктов Витебска, Мира, Могилева и Полоцка общей протяженностью 50,8 км;

- реконструкцию участков автомобильной дороги в приграничном районе Р-16 Тюхиничи – Высокое – граница Республики Польша (Песчатка) протяженностью 9 км;

- возведение и реконструкцию 20 титульных объектов дорожных сооружений с вводом 24 мостов и путепроводов протяженностью 3419,4 пог. метра, из них 16 первоочередных дорожных сооружений протяженностью 2798,7 пог. метра;

- возведение и реконструкцию 83 мостов и путепроводов, входящих в титульные объекты возведения и реконструкции дорог, протяженностью 4753,5 пог. метра.

За счет средств внешних государственных займов и кредитных ресурсов отечественных банков предусмотрено реконструировать и возвести 453,7 километра республиканских автомобильных дорог, в числе которых участки автомобильных дорог М-3 Минск – Витебск; М-7/Е28 Минск – Ошмяны – граница Литовской Республики (Каменный Лог); М-8/Е95 граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута); Р-23 Минск – Микашевичи, Р-46 Лепель – Полоцк – граница Российской Федерации (Юховичи); Р-53 Слобода – Новосады, обходы городов Полоцка и Витебска, 16 мостов и путепроводов.

В соответствии с программой разрабатывается предпроектная и (или) проектная документации по возведению и реконструкции участков республиканских автомобильных дорог, возведению обходов населенных пунктов, возведению, реконструкции и капитальному ремонту дорожных сооружений. Финансирование проектирования, возведения, реконструкции и капитального ремонта данных участков дорог и дорожных сооружений осуществляется в установленном порядке в пределах средств республиканского бюджета, направляемых на дорожное хозяйство, и за счет иных источников.

В 2021–2025 гг. продолжают работы по внедрению автоматизированной системы мониторинга эксплуатационной надежности мостовых сооружений.

В этот период планируется выполнять работы по устройству искусственного освещения на возводимых и реконструируемых республиканских автомобильных дорогах в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий, аварийно-опасных пешеходных переходов и подходов к ним, пересечений дорог, в том числе на транспортных развязках.

За счет средств, предусмотренных на содержание, ремонт, возведение и реконструкцию республиканских автомобильных дорог, выполняются работы по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения безопасности дорожного движения, в том числе:

- разработка мероприятий по системе безопасности дорожного движения (включая программные средства), учет и анализ дорожно-транспортных происшествий, анализ эффективности мероприятий по организации дорожного движения, разработка и актуализация про-

ектов организации дорожного движения, а также схем маршрутного ориентирования на автомобильных дорогах, обследование системы обеспечения безопасности дорожного движения, входной, приемочный и эксплуатационный контроль качества технических средств организации дорожного движения;

- установка фронтальных и демпфирующих ограждений в местах, определенных техническими нормативными правовыми актами;

- установка барьерного ограждения на разделительных полосах автомобильных дорог I категории, в первую очередь в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий;

- внедрение системы менеджмента безопасности дорожного движения в соответствии с СТБ ИСО 39001;

- реализация мероприятий, предотвращающих дорожно-транспортные происшествия с участием диких животных, на автомобильных дорогах вне населенных пунктов, в том числе на участках, проходящих через пути массовой миграции диких животных;

- реализация мероприятий по снижению количества пешеходных переходов в одном уровне на республиканских автомобильных дорогах вне населенных пунктов в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий.

В Республике Беларусь внедрена система электронного сбора платы в режиме свободного многополосного движения на дорогах или их отдельных участках, в том числе на участках проезда по мостам и иным сооружениям, с повышенным скоростным и безопасным режимом движения транспортных средств, высоким уровнем сервисного обслуживания. На 1 января 2021 г. общая протяженность участков платных дорог составляла 1786 км [2].

В процессе реализации Государственной программы в республике планируется расширить сеть платных автомобильных дорог и ввести плату за проезд транспортных средств по автомобильной дороге М-8/Е95 граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута) на участке Орша – Витебск; М-10 граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин на участке Речица – Калинковичи; Р-23 Минск – Микашевичи на участке Слуцк – Радково (рис. 1.2). К 2026 г. протяженность платных автомобильных дорог составит 1957,8 км.

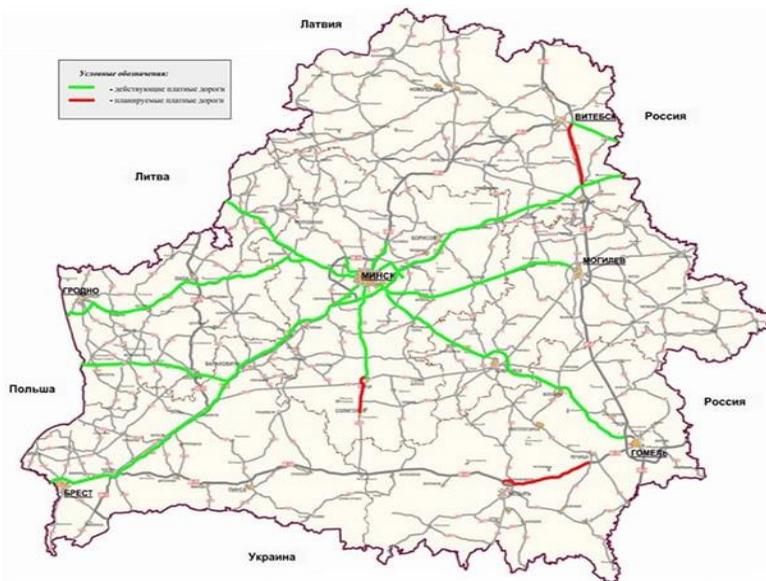


Рис. 1.2. Платные автомобильные дороги к 2026 г.

На платных автомобильных дорогах должно быть обеспечено соответствие их транспортно-эксплуатационных характеристик требованиям технических нормативных правовых актов, а также созданы условия, позволяющие организовать безопасное дорожное движение и обеспечить беспрепятственный проезд транспортных средств при условии соблюдения водителями предусмотренного скоростного режима. После завершения реконструкции и строительства участков дорог на них планируется повысить скоростной режим.

За 2021–2025 гг. в республиканский бюджет от взимания платы за проезд по платным автомобильным дорогам предполагается поступление 1 806 303 163 руб., которые будут направлены на содержание, ремонт, реконструкцию и строительство республиканских автомобильных дорог, в первую очередь платных.

В Республике Беларусь создана система мониторинга и контроля за проездом тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств – система динамического взвешивания. Данная система внедрена в целях предварительного отбора перегруженных тяжеловесных

транспортных средств для прохождения весового контроля и позволяет производить мониторинг транспортных средств в движении, не останавливая транспортный поток, путем передачи информации по каналам связи на стационарные передвижные посты весогабаритного контроля государственного учреждения «Транспортная инспекция Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь».

Развитие системы динамического взвешивания в режиме автоматической фиксации нарушений с интеграцией в систему платы будет осуществляться в соответствии с концептуальными подходами, одобренными Минтрансом.

Работу системы электронного сбора платы и функционирование системы динамического взвешивания обеспечивает государственное учреждение «Белавтострада».

На реализацию мероприятий подпрограммы 1 требуется 7 632 555 111,8 руб., в том числе в 2021 г. – 1 130 498 215,8, в 2022 г. – 1 354 831 896, в 2023 г. – 1 586 339 000, в 2024 г. – 1 585 970 000, в 2025 г. – 1 974 916 000 руб., из них за счет:

республиканского бюджета – 7 392 913 409 руб., в том числе в 2021 г. – 985 980 513 руб., в 2022 г. – 1 323 374 896, в 2023 г. – 1 557 649 000, в 2024 г. – 1 566 165 000, в 2025 г. – 1 959 744 000 руб.

Задачей подпрограммы 2 «Местные автомобильные дороги» является улучшение транспортно-эксплуатационного состояния местных автомобильных дорог.

На местных автомобильных дорогах:

- будут выполняться работы по поддержанию их транспортно-эксплуатационных показателей согласно требованиям технических нормативных правовых актов и требованиям по обеспечению безопасных условий для движения транспортных средств;
- планируется отремонтировать, реконструировать и возвести не менее 7000 км местных автомобильных дорог, из них по новым технологиям – не менее 138 км;
- предусматривается выполнение ремонта и реконструкции 137 дорожных сооружений протяженностью 4189,1 пог. метра.

Потребность в финансовых средствах на реализацию мероприятий подпрограммы 2 в 2021–2025 гг. оценивается на уровне 2 919 915 393 руб., в том числе в 2021 г. – 502 325 893, в 2022 г. – 549 659 500, в 2023 г. – 578 174 400, в 2024 г. – 624 167 000, в 2025 г. – 665 588 600 руб.

Таким образом, выполнение Государственной программы «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы имеет огромное значение для всего народно-хозяйственного комплекса страны.

1.4. Классификация автомобильных дорог в Республике Беларусь

Автомобильная дорога – комплексное сооружение, предназначенное для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, а также земельные участки, предоставленные для размещения объектов, входящих в состав этого сооружения.

Автомобильная дорога включает в себя земляное полотно с водоотводными сооружениями, дорожную одежду, дорожные сооружения, технические средства организации дорожного движения, инженерное оборудование и обустройство, защитные сооружения, а также расположенные на ней объекты дорожного сервиса.

Автомобильные дороги Республики Беларусь находятся в государственной или частной собственности.

Все автомобильные дороги республики делятся на дороги общего пользования и необщего пользования (ведомственные).

Автомобильная дорога общего пользования – автомобильная дорога, предназначенная для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

Автомобильная дорога необщего пользования – автомобильная дорога, предназначенная для использования в порядке, определяемом ее владельцем с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от функционального назначения подразделяются на республиканские автомобильные дороги и местные автомобильные дороги.

Республиканские автомобильные дороги.

К республиканским автомобильным дорогам относятся автомобильные дороги, включенные в сеть международных автомобильных дорог, а также автомобильные дороги, обеспечивающие транспортные связи:

- столицы Республики Беларусь – города Минска с административными центрами областей, Национальным аэропортом «Минск»;
- административных центров областей между собой;

- административных центров областей с аэропортами, находящимися вне их городской черты, и административными центрами районов;

- административных центров районов между собой по одному из направлений;

- городов областного подчинения с административным центром области, на территории которой эти города расположены;

- железнодорожных станций (внеклассных и I класса), расположенных вне городов, пунктов пропуска через Государственную границу Республики Беларусь, а также иных объектов, имеющих государственное значение, с республиканскими автомобильными дорогами.

Местные автомобильные дороги.

К местным автомобильным дорогам относятся автомобильные дороги, обеспечивающие транспортные связи:

- административных центров сельсоветов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов с административными центрами районов, на территории которых они расположены, а также городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков между собой и с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами и пристанями, находящимися вне городской черты;

- мест массового отдыха, туризма, спортивных комплексов, курортов, парков, больниц, школ-интернатов, домов отдыха, оздоровительных лагерей, кладбищ, исторических памятников, памятников природы и культуры с административными центрами областей и районов, на территории которых находятся эти объекты, а также с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами, пристанями и республиканскими автомобильными дорогами;

- административных центров сельсоветов между собой, сельских населенных пунктов (в том числе дороги, проходящие по территории этих населенных пунктов) с автомобильными дорогами общего пользования;

- районов индивидуального жилищного строительства, расположенных в сельской местности (включая основные проезды по данным районам), и садоводческих товариществ с автомобильными дорогами общего пользования.

Автомобильные дороги необщего пользования.

К автомобильным дорогам необщего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для внутрхозяйственных и тех-

нологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередачи, других коммуникаций и сооружений, а также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и иным сооружениям.

Автомобильные дороги необщего пользования (ведомственные) находятся на балансе предприятий и организаций. Их разделяют: на внутрихозяйственные, подъездные, технологические, служебные, патрульные, лесовозные (магистральные, ветки) и др.

1. *Внутрихозяйственные дороги* сельскохозяйственных организаций соединяют центральные усадьбы с их отделениями и бригадами, фермами, полевыми станами и другими сельскохозяйственными объектами, а также эти объекты с дорогами общей сети.

2. *Подъездные* – это дороги на территории промышленных и других предприятий, организаций, обслуживающие их производственно-технологические перевозки и обеспечивающие подъезды к предприятиям и организациям.

3. *Служебные и патрульные* – это дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач и других коммуникаций и сооружений.

4. *Лесовозные* – путь сообщения, предназначенный для вывозки лесоматериалов с лесосек до места складирования или переработки, а также перевозки грузов в пределах зоны деятельности лесозаготовительного предприятия.

Наименования и номера автомобильных дорог.

Автомобильные дороги общего пользования должны иметь наименования и номера, автомобильные дороги необщего пользования – наименования.

Наименование автомобильной дороги общего пользования включает в себя названия ее начального и конечного населенных пунктов в границах Республики Беларусь, а при необходимости – названия промежуточных населенных пунктов.

Наименование автомобильной дороги может включать в качестве названий начального и конечного пунктов названия географических, исторических или иных объектов.

Номер автомобильной дороги общего пользования состоит из буквы алфавита и группы цифр, которые указываются на информационно-указательных дорожных знаках, картах и в атласах.

Наименования и номера международных автомобильных дорог утверждаются Советом Министров Республики Беларусь в соответствии с международными договорами Республики Беларусь.

Наименования и номера республиканских автомобильных дорог утверждаются республиканским органом государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности.

Наименования и номера местных автомобильных дорог утверждаются областными исполнительными комитетами по согласованию с республиканским органом государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности.

Наименования автомобильных дорог необщего пользования утверждаются областными исполнительными комитетами по представлениям владельцев автомобильных дорог.

На автомобильных дорогах общего пользования, обеспечивающих повышенный скоростной и безопасный режим движения транспортных средств с высоким уровнем сервисного обслуживания, может взиматься плата за проезд в соответствии с законодательством.

Автомобильная дорога общего пользования может быть платной на всем протяжении или на отдельных ее участках, в том числе на участках проезда по мостам и иным дорожным сооружениям, при наличии альтернативного пути для бесплатного проезда в данном направлении.

Отнесение автомобильных дорог к категории платных осуществляется Советом Министров Республики Беларусь. Порядок пользования платными автомобильными дорогами устанавливается Президентом Республики Беларусь, а также в пределах предоставленных им полномочий Советом Министров Республики Беларусь.

В соответствии со строительными нормами Республики Беларусь СН 3.03.04–2019 [4], все автомобильные дороги подразделяют классы и категории (табл. 1.4).

Класс автомобильной дороги – характеристика автомобильной дороги по функциональному назначению, условиям доступа и обеспеченному уровню обслуживания (автомагистрали, скоростные автомобильные дороги, обычные автомобильные дороги, автомобильные дороги низших категорий).

Автомобильные дороги в зависимости от эксплуатационных характеристик, геометрических параметров и условий дорожного движения классифицируются по категориям, которые устанавливаются в соответствии с нормативными правовыми актами Республики Беларусь.

Категория дороги: характеристика, определяющая её технические параметры в зависимости от принадлежности к определенному классу и расчетной интенсивности движения транспорта по дороге.

Таблица 1.4. Класс и категория автомобильной дороги [4]

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	
				Республиканские дороги	Местные дороги
Автомагистрали	I-a	Для передвижения интенсивных транспортных потоков на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий	Участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в транспортном потоке более 50 %	Св. 8000	–
Скоростные автомобильные дороги	I-б	Для локального передвижения интенсивных транспортных потоков с высокой скоростью	Республиканские автомобильные дороги на поездах к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, подъезды к аэропортам I класса, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Св. 10 000	–
Обычные автомобильные дороги	I-в	Дороги общего назначения	Республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей и скоростных дорог), а также местные автомобильные дороги (кроме автомобильных дорог низших категорий)	Св. 10 000	–
	II			Св. 5000 до 10000 включ.	Св. 7000
	III			Св. 2000 до 5000 включ.	Св. 3000 до 7000 включ.
	IV			Св. 200 до 2000 включ.	Св. 400 до 3000 включ.
V		До 200 включ.	До 400 включ.		
Автомобильные дороги низших категорий	VI-a	Обеспечение постоянных подъездов к малым сельским поселениям	Тупиковые дороги с незначительной интенсивностью движения	–	Св. 25 до 50 включ.
	VI-б			–	До 25 включ.

Примечание. Для подъездов к аэропортам I класса следует проектировать скоростную автомобильную дорогу, если расчетная интенсивность движения превышает 4000 ед/сут.

Под интенсивностью движения понимают количество транспортных средств (автомобилей), проходящих на определенном отрезке трассы за единицу времени. Измеряется в ед/ч, ед/сут и ед/год.

Автомобильные дороги I категории подразделяются на два вида: скоростные автомобильные дороги (автомобильные магистрали), проходящие в обход городов и населенных пунктов (относятся к категории I-а). К I-б относятся подъезды к крупным транспортным узлам, туристическим центрам, курортам, предназначенные для движения автомобилей с высокими скоростями.

На дорогах I категории интенсивность движения составляет более 7000 автомобилей в сутки. Отличительная особенность дорог I категории – отсутствие встречного движения транспорта, для чего проезжую часть устраивают с разделительной полосой.

К дорогам II категории относятся дороги областного и районного значения. Интенсивность движения на них составляет от 3000 до 7000 автомобилей в сутки.

К дорогам III категории относятся дороги общегосударственного, республиканского, областного или районного значения, кроме дорог относящихся к I и III категориям. Они включают: подъезды к населенным пунктам, железнодорожным узлам, речным портам, подъездные дороги предприятий и др. Интенсивность движения здесь составляет от 1000 до 3000 авт/сут.

Дороги IV категории – это дороги областного или районного значения (кроме отнесенных к III категории). К ним относят дороги местного значения, подъездные дороги общей сети, промышленных предприятий, крупных строительных объектов, сельскохозяйственных организаций при интенсивности движения от 100 до 1000 авт/сут.

К V категории относят дороги сугубо местного значения – это постоянные внутрихозяйственные дороги сельскохозяйственных организаций, а также служебные и патрульные дороги с интенсивностью движения менее 100 авт/сут.

Дороги I–III категорий являются дорогами высоких категорий, а V – низких, имеющих местное значение.

В соответствии с ТКП 45-3.03–96-2008 автомобильная дорога низкой категории – это дорога ниже V категории [5].

Автомобильные дороги низших категорий соединяют малые сельские поселения и прочие мелкие объекты, расположенные в сельской местности (садоводческие товарищества, сельскохозяйственные предприятия и их отделения и т. п.), между собой, а также с автомобильными дорогами более высоких категорий. К автомобильным дорогам низших категорий относятся местные дороги общего пользования и внутрихозяйственные дороги сельскохозяйственных предприятий.

Согласно ТКП 45-3.03-19 автомобильные дороги низших категорий подразделяются на категории согласно табл. 1.5.

Таблица 1.5. **Низшие категории дорог [5]**

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	Расчетная скорость, км/ч
VI-a	Св. 25 до 100 включ.	40
VI-б	До 25	30

За расчетную интенсивность движения следует принимать среднегодовую суточную интенсивность движения механизированных транспортных средств (ед/сут) суммарно в обоих направлениях за последний год перспективного периода, определяемую на основе технико-экономического расчета. Перспективный период для автомобильных дорог низших категорий следует принимать равным 5 лет. За начало перспективного периода следует принимать планируемый год завершения строительства.

Таким образом, чем выше интенсивность движения, тем более совершенными проектируются дороги.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под инженерным оборудованием территории?
2. Назовите составные части инженерного оборудования территории и охарактеризуйте их?
3. Чем определяется важность автомобильных дорог в сельском хозяйстве.
4. Охарактеризуйте состояние автомобильных дорог в Республике Беларусь?
5. Перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь?
6. Что понимается под автомобильной дорогой общего пользования?
7. Основные виды дорог общего пользования?
8. Что понимается под автомобильной дорогой необщего пользования?
9. Основные виды дорог необщего пользования?
10. Дайте определение понятиям класс и категория автомобильной дороги?
11. Какие классы и категории автомобильных дорог в Республике Беларусь Вам известны?

2. ДОРОЖНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ МЕСТНЫХ ДОРОГ

2.1. Виды дорожных изысканий, их содержание, экономические изыскания местных дорог.

2.2. Технические изыскания и составление рабочего проекта дороги.

2.3. Грузооборотные пункты и их транспортные связи.

2.4. Выбор направления и размещение сети дорог.

2.5. Особенности проектирования сети местных дорог.

2.6. Установление технических показателей автомобильных дорог.

2.7. Понятие о плотности дорожной сети.

2.8. Обоснование проекта и определение экономической эффективности дорожного строительства.

2.9. Разработка природоохранных мероприятий при составлении и осуществлении проекта.

2.1. Виды дорожных изысканий, их содержание, экономические изыскания местных дорог

Строительство автомобильных дорог производят в соответствии с утвержденным рабочим проектом, разработанным на основе определенных данных. Для того чтобы собрать материалы, необходимые для составления проекта строительства дороги, выполняют работы, которые называют изысканиями.

Цель изысканий – установить значение проектируемой сети или дороги для конкретного объекта или хозяйственной единицы, а также получить необходимые исходные материалы для разработки проекта и осуществления строительства в соответствии с установленными требованиями.

Различают два вида изысканий: экономические (обследования) и технические. С помощью экономических изысканий определяют народнохозяйственное значение проектируемой сети дорог (или одной крупной дороги), обосновывают целесообразность строительства. Такие обследования позволяют обосновать план и очередность строительства, распределить капитальные вложения по отдельным объектам.

Основное содержание экономических изысканий – установление существующего и планируемого объема и направления грузовых и пассажирских транспортных связей между отдельными грузооборотными пунктами и определение наиболее желательного, с экономической точки зрения, размещения дорожной сети или трассы отдельной дороги.

Экономические изыскания разделяют на комплексные, проводимые для изучения транспортной работы и рационального размещения сети дорог в пределах определенной территории (например, района, крупного колхоза), и титульные, проводимые для определения перспективных размеров пассажирооборота и грузооборота, а также эффективности капиталовложений при постройке (или реконструкции) отдельного дорожного маршрута (титула).

Начальная стадия дорожного проектирования – комплексные экономические изыскания. Их проводят для проектирования или реконструкции дорожной сети какой-либо административной или производственной единицы. В содержание изысканий входит анализ существующего и установление перспективного объема и направления транспортных перевозок на данной территории, обследование имеющейся транспортной сети, природных и экономических условий.

Комплексные (сетевые) дорожные изыскания выполняют с целью получения необходимых данных на исходный год, перспективный (5–10 лет) и расчетный (генеральный, 15–20 лет) сроки.

Экономические дорожные изыскания проводят комплексно, в определенной последовательности, по стадиям (периодам):

1. В подготовительный период устанавливают район изысканий, разрабатывают задание, план и программу работ, методику их выполнения, подбирают и изучают имеющиеся литературные и нормативные источники.

2. Период полевой стадии производят непосредственно в районе изысканий.

Выполняется работа по определению и обобщению сведений об экономике и транспорте района, физико-географических условиях, наличии и возможности использования местных дорожно-строительных материалов и др.

Исходные данные, получаемые в процессе экономических изысканий, подразделяются на: 1) технико-экономические; 2) физико-географические. 1-е включают данные, характеризующие состояние и перспективы развития отраслей производства и населенных пунктов, существующую транспортную сеть, объем и направление перевозок. 2-е – климат, гидрография, рельеф, почвы и другие гидрологические и природные условия.

Экономические изыскания служат основой для разработки технико-экономического обоснования проектирования и строительства дороги (ТЭО), после утверждения которого выполняют технические изыскания.

2.2. Технические изыскания и составление рабочего проекта дороги

Технические изыскания включают изучение природных условий для выбора наиболее выгодного направления дороги, закрепление трассы на местности, получение исходных данных.

Их проводят с учетом материалов экономических обследований.

В задачи технических изысканий входят:

- 1) установление точного местоположения и закрепление на местности оси проектируемой дороги;
- 2) получение необходимых данных для определения размеров и элементов дороги и ее сооружений;
- 3) определение исходных данных для подсчета объемов работ, потребности в механизмах, транспорте, рабочей силе и составление сметы расходов на строительство;
- 4) грунтовые обследования для выяснения свойств подстилаемых грунтов;
- 5) геологическое и гидрологическое обследование при проектировании водопропускных сооружений;
- 6) изыскания месторождений естественных дорожно-строительных материалов.

Технические изыскания делят на рекогносцировочные и подробные. Рекогносцировочные изыскания представляют собой первый этап технических изысканий. В ходе их изучают природные условия района проектирования дороги, выбирают направление трассы и сообщают материалы для приближенного определения объемов, стоимости работ и потребного количества материалов, рабочей силы и механизмов. По материалам экономических обследований и рекогносцировочных изысканий составляют проектное задание. В нем обосновывают техническую возможность и экономическую целесообразность строительства дороги по выбранному направлению и рекомендации по техническим нормативам (категория, тип и конструкция дорожной одежды).

При подробных технических изысканиях тщательно изучают природные условия местности, разбивают трассу и собирают материалы для детального проектирования, точного определения объемов и стоимости работ.

Задача технических изысканий состоит в получении данных, необходимых для подготовки рабочего проекта строительства автомобильной дороги.

Работы, выполняемые при технических изысканиях, осуществляются в подготовительный, полевой, камеральный периоды.

В период подготовительных работ:

- 1) получают задание на проектирование;
- 2) изучают материалы дорожно-экономических изысканий, инвентаризации существующих дорог, документы и материалы, характеризующие – местные почвенно-грунтовые условия; материалы Генеральной схемы развития автомобильных дорог района, схемы районной планировки и др. материалы.

В полевой период выполняют следующие основные операции: трассирование дороги; геодезические работы, связанные с установлением местоположения дороги и сооружений в плане и в продольном профиле; обследование бассейнов водотоков и сбор данных для проектирования системы водоотвода; обследование почвенно-грунтовых и залежей местных дорожно-строительных материалов.

Трассирование дороги заключается в уточнении положения и закреплении на местности запроектированной трассы. Для этого проводят рекогносцировку сличения и местности, устанавливают плановые и высотные контрольные точки и углы поворотов трассы. Определяют точное положение мест переходов через постоянные и временные водотоки, заболоченные массивы, подходы, а также переходы через населенные пункты, места со сложным рельефом и другие участки, которые оказывают влияние на положение дороги.

Трассу провешивают и закрепляют на местности. В начальной и конечной точках, в углах поворотов, в местах пересечения водотоков трассу закрепляют столбами, а промежуточные точки – кольями и потайными колышками. Данные закрепления отражают в специальном журнале или ведомости.

Геодезические работы заключаются в измерении с помощью инструментов длины прямых, углов поворота. Определяют направление прямых и делают измерение углов поворота. В углы поворота вписывают горизонтальные кривые и выносят пикетаж. Далее производят нивелирование трассы (в пикетах и «+» точках). Все геодезические измерения заносят в полевые журналы и абрис, или память геодезического прибора.

Для установления места пересечения водотока трассой производят обследование его бассейна; выбирают тип водопропускного сооружения и выполняют его гидравлический расчет (определяют высоту, длину и т. д.).

При проектировании земляного полотна и дорожных одежд производят почвенно-грунтовые обследования. Их ведут путем грунтовых разрезов по трассе в виде шурфов, прикопок, скважин, используют и естественные обнажения в местах обрыва. Шурфы глубиной до 2 м закладывают в характерных точках рельефа, а в промежутках делают прикопки до 1 м. Бурение производят в местах переходов через водо-токи и в глубоких выемках.

В полевой период выполняют обследование существующих местных строительных материалов и возможности их использования. К местным строительным материалам относятся: песок, гравий, камень. Решают также вопросы организации работ: наличие и возможность использования рабочей силы, транспорта, механизмов; продолжительность строительного сезона; наличие и выбор подъездных путей и др.; учитывают определенные требования техники безопасности.

В камеральный период обрабатывают и систематизируют данные изысканий и готовят материалы для разработки проекта: обрабатывают журналы полевых измерений; составляют план с вариантами трассы и продольный профиль поверхности земли по трассе; рассчитывают водопропускные сооружения; обрабатывают материалы почвенно-грунтовых обследований; оформляют документы согласования местоположения трассы и отводов земель со всеми заинтересованными организациями и предприятиями; составляют пояснительную записку.

Данные экономических и технических изысканий ложатся в основу разработки задания на проектирование и проекта строительства дороги. В зависимости от сложности объекта его проектируют в две или одну стадию. В первом случае составляют отдельно технический проект и рабочие чертежи, а во втором – технорабочий проект (технический проект, снабженный рабочими чертежами).

В одну стадию осуществляют проектирование простых технически несложных объектов местного значения и дорог, в благоприятных, хорошо изученных природных условиях.

В две стадии проектируют крупные дороги общегосударственного и республиканского значений, а также дороги в районах со сложными природными особенностями, требующими особого учета.

При составлении проекта решают следующие основные вопросы: проектирование трассы в плане, в продольном и поперечном профилях; расчет и назначение конструкций и размеров водопропускных сооружений и элементов дороги; расчет необходимого количества строительных материалов, механизмов, рабочей силы объемов работ;

составление сметы расходов; подготовку пояснительной записки с обоснованием принятых проектных решений.

Состав рабочего проекта определен соответствующей инструкцией. В него входят: план трассы, продольный и поперечный, а также пояснительная записка и финансовая смета.

В зависимости от сложности и назначения объекта состав и объем материалов может несколько меняться. По окончании работ трассу принимает комиссия, которая составляет приемосдаточный акт.

2.3. Грузооборотные пункты и их транспортные связи

Пункты, между которыми осуществляются транспортные связи, называют грузооборотными. Различают грузообразующие (из которых вывозят грузы) и грузопотребляющие (в которые ввозят грузы) пункты. Чаще всего один и тот же пункт выступает в обоих качествах.

При экономическом проектировании сети сельскохозяйственных дорог района сельскохозяйственные организации, предприятия и хозяйства, а также крупные развивающиеся сельские населенные пункты рассматривают как отдельные грузооборотные пункты. В качестве грузооборотных пунктов могут выступать производственные подразделения сельскохозяйственных организаций.

Местные грузооборотные пункты по значимости целесообразно разделить на несколько групп.

К первой группе можно отнести районный центр, железнодорожную станцию, межхозяйственные производственные комплексы и базы, культурные и другие центры. Они представляют собой транспортные узлы района. Эти пункты в той или иной мере имеют транспортные связи со всеми остальными пунктами района или объединения.

Ко второй группе относятся сельскохозяйственные и местные промышленные предприятия и организации, крупные населенные пункты, осуществляющие транспортные связи в основном с пунктами первой группы.

Третья группа включает пункты, в большей мере осуществляющие внутривозрастные перевозки между производственными подразделениями, селами, фермами и др.

Объем грузоперевозок выражается показателем называемым грузооборотом. Под грузооборотом экономического пункта понимают количество грузов, ввозимых в данный пункт или вывозимых из него в единицу времени (сутки, год).

В связи с тем, что перевозимые грузы подразделяются на промышленные и сельскохозяйственные, данные о них собирают по отраслям промышленности, сельского хозяйства и грузооборотным пунктам. Объем перевозок достаточно полно можно определить по данным годовых отчетов хозяйств. На перспективу его рассчитывают исходя из планируемых объемов производства и потребления.

При определении грузооборота хозяйств для проектирования дорог общего пользования учитывают объем их товарной продукции, а для проектирования внутрихозяйственных дорог основой служит валовая продукция отраслей сельскохозяйственного производства (растениеводство и животноводство).

Дороги общего пользования служат для внешних транспортных связей хозяйств в целом, хотя отрезки дорог в пределах землепользований обслуживают и их внутренние перевозки. При определении грузооборота сельскохозяйственной организации целесообразно использовать относительные расчетные единицы (т/га, кг/чел., т/тыс. р. и др.).

По сельскохозяйственной отрасли района определяют существующее и планируемое размещение сельскохозяйственных организаций, их размеры по площади пахотных и других земель, специализацию, объем валовой и товарной продукции по отраслям производства.

Перевозки в сельскохозяйственных организациях подразделяют на внутрихозяйственные и внехозяйственные. В структуре объема перевозок в сельском хозяйстве страны первые составляют 48 %, а вторые – 52 %, а в структуре грузооборота соответственно 25 и 75 %.

Объем товарной продукции при внехозяйственных перевозках сельскохозяйственных организаций на стадии экономического проектирования сети внутрихозяйственных дорог целесообразно определять по укрупненным показателям в расчете на 1 га пахотных земель (для растениеводства) или на 1 га сельскохозяйственных земель (для животноводства). Для этого можно использовать следующие формулы:

$$M_p = \sum_{i=1}^n P_i K_i U_i, \quad (2.1)$$

где M_p – товарная продукция растениеводства, т;

P_i – площадь посева i -й культуры, га;

K_i – процент товарности i -й сельскохозяйственной продукции, %;

U_i – урожайность i -й культуры, т/га.

$$M_{\text{ж}} = \sum_{j=1}^m n_j P_j, \quad (2.2)$$

где $M_{\text{ж}}$ – товарная продукция животноводства, т;

n_j – валовая животноводческая продукция j -го вида, т;

P_j – процент товарности j -й продукции животноводства (в долях единицы).

Эти формулы могут быть использованы для определения как существующего, так и планируемого количества товарной продукции в расчете на единицу площади. Для расчетов на перспективу достаточно применять среднерайонные показатели.

По удобрениям и технике необходимый объем перевозок определяют исходя из республиканских норм на 1 га.

Наряду с производственными выявляют объем и направление пассажирских и других транспортных связей между населенными пунктами, предприятиями, организациями, культурно-просветительными и другими учреждениями.

При расчете пассажирских перевозок по данным автотранспортных организаций учитывают так называемый показатель транспортной подвижности населения, выражаемый количеством поездок за год в расчете на одного жителя. Поездки сельских жителей можно подразделить на рабочие и культурно-бытовые, которые в большей мере осуществляются в районный центр. При определении грузооборота, связанного с перевозкой пассажиров, 10 пассажиров приравнивают к 1 т перевозимых грузов.

Выявленный фактический грузооборот на перспективу рекомендуется увеличивать на 35 % для экономически высокоразвитых районов и на 20 % – для остальных.

Объем грузооборота определяют по отдельным грузооборотным пунктам, отраслям хозяйства и в целом по району изысканий. В результате получают грузооборот района, производственной единицы, населенного пункта и данной дороги.

Грузооборот района складывается из перевозок по ввозу и вывозу, внутрирайонных и транзитных, так как многие грузы, особенно сельскохозяйственные, поступают в течение года неравномерно. Грузооборот административного района складывается из объемов перевозок между производственными предприятиями с одной стороны и райцентром и станцией с другой.

Сведения о направлениях и объемах грузопассажиропотоков – это исходные данные для проектирования дорожной сети – расположения дорог по территории и установления их технико-экономических показателей.

На основании данных об объемах и направлениях перевозок грузов и людей на карту района наносят схему транспортных связей (схему грузопассажирооборота).

Схема транспортных связей – графическое изображение направлений и объемов перевозок между отдельными грузооборотными пунктами (рис. 2.1).

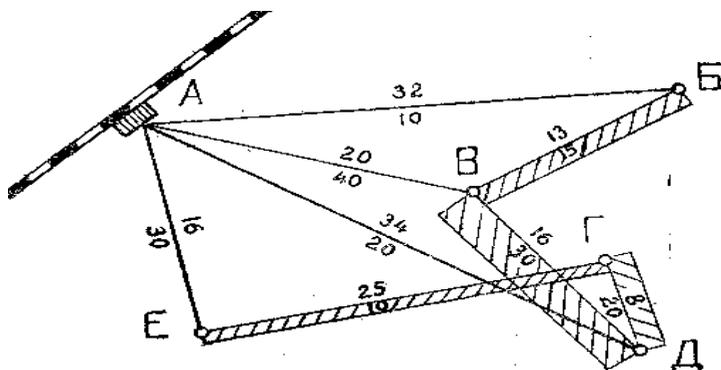


Рис. 2.1. Схема транспортных связей:
 А, Б, В, Г, Д, Е – грузооборотные пункты; 32, 20, 16 – расстояния, км;
 10, 40, 30 – объемы грузоперевозок, тыс. т

При составлении схемы транспортных связей района сельскохозяйственные и другие предприятия рассматриваются как отдельные грузооборотные пункты, а при составлении схемы транспортных связей отдельного хозяйства ими служат производственные подразделения, бригады, производственные центры, машинные дворы, складские комплексы, железнодорожные станции и др.

2.4. Выбор направления и размещение сети дорог

Схема транспортных связей является важным документом для выбора направлений и установления местоположения трасс проектируемой сети дорог.

Наглядно показывая направления перевозок, схема позволяет выбрать наиболее выгодное и целесообразное расположение трасс, определить, соответствует ли существующее размещение дорог перспективам развития транспортных связей, выделить наиболее важные, т. е. будущие магистральные дороги.

При выборе направления дорог необходимо соблюдать следующие основные условия:

- проектировать дороги по кратчайшему направлению между заданными конечными и промежуточными грузооборотными пунктами;
- не занимать особо полезных и ценных земель;
- пересекать водотоки под углом и в наиболее узких местах, учитывать сложившуюся ситуацию;
- избегать мест с тяжелым рельефом, в которых дорога может получиться с большими извилинами или крутыми подъемами и спусками;
- обходить по возможности болота, действующие овраги и избегать спуска в них вод из придорожных канав;
- не допускать затопления полезных земель и заболачивания низких мест путем создания подпора воды у дорожных сооружений или преграждения спуска воды из пониженных мест.

Для правильного размещения дорожных сетей необходимо учитывать ряд основополагающих требований. Их можно разделить на социально-экономические, социальные (технические) и природно-экологические.

Расположение и состав дорожной сети определяются размещением и значением грузооборотных пунктов административного района, а также интенсивностью транспортных связей между ними.

Расположение существующих дорог, населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, культурно-бытовых учреждений являются основой для размещения проектируемой сети дорог.

На размещение дорожной сети и отдельных дорог большое внимание оказывает также расположение культурно-просветительных, лечебно-оздоровительных центров, заповедников, (заказников) и других мест, охраняемых государством.

Размещают сети автомобильных дорог в определенной последовательности, пользуясь при этом принципом проектирования от общего к частному. Вначале выбирают их направление. Для этого по схеме грузопассажирооборота устанавливают преобладающие направления транспортных связей в настоящий период и на перспективу и соответствие им существующих дорог. Направления проектируемых дорог будут наиболее выгодными, если они совпадают с существующими дорогами и с направлениями лучей схемы. Выявляют существующие дороги, которые утрачивают свое значение и в дальнейшем будут не нужны.

При выборе направлений дорог рекомендуется использовать аналитические методы, позволяющие более обоснованно подойти к решению вопроса. Так, для основных дорог района задачу можно решить с помощью графоаналитических методов, используя схему транспортных связей. Он основан на определении положения равнодействующей в одной плоскости системы сил путем построения их многоугольника. Наиболее простыми из них являются комбинаторный метод и метод многоугольника сил.

Суть первого заключается в том, что путем комбинаций объединяют рядом расположенные и идущие в одном направлении лучи схемы транспортных связей и их отрезки (например, лучи 1А, 2А, 3А и 4А, 5А и 6А на рис. 2.2).

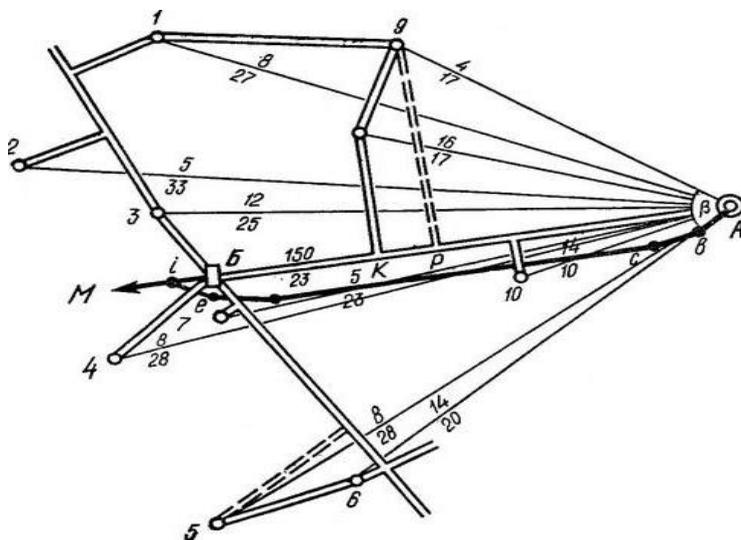


Рис. 2.2. Методы: комбинаторный и многоугольника сил

Данные о перевозках по объединенным направлениям суммируют. Направления и объем перевозок по объединенным лучам служат основой для выбора направлений и размещения трасс проектируемой сети дорог.

При втором методе в узловых пунктах, в которых сходятся несколько направлений, по схеме транспортных связей строят так назы-

ваемые многоугольники сил. За «силы» принимают объем перевозок в тоннах или грузовую работу (грузооборот) в тонно-километрах по каждому направлению (A_1, A_2, A_3 и т. д.). В нашем примере близкие направления объединены по предыдущему методу. Многоугольник сил ($Abcdei$) строят, последовательно откладывая в определенном масштабе эти силы (например, 1 см – 10 тыс. т, или 1 см – 100 тыс. ткм) от узла А параллельно лучам схемы транспортных связей. Равнодействующая многоугольника АМ, связывающая узловую точку и конец последней силы, показывает наиболее выгодное направление магистрали для данной группы пунктов. При этом она объединяет пункты примерно в пределах четверти окружности ($\beta \leq 90^\circ$), что гарантирует минимум транспортных затрат.

После выбора направлений приступают к размещению трасс дорог на плановой основе. При этом возможны различные методы проектирования («тангенциальный», «сплайн метод», «комбинированный»), а также использование специального программного обеспечения и компьютерной техники.

2.5. Особенности проектирования сети местных дорог

Сеть местных дорог должна обеспечивать производственные перевозки сельскохозяйственных предприятий, рационально обслуживать бытовые и административно-культурные потребности населения и обеспечивать внешние транспортные связи.

При проектировании сети местных дорог разрабатываются проекты внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций, в том числе крестьянских (фермерских) хозяйств.

Особенности проектирования местных дорог связаны с их назначением и выполняемыми функциями. Размещение их необходимо вести с учетом технологии производства конкретной сельскохозяйственной организации или предприятия.

В зависимости от выполняемых функций дороги местного значения подразделяются на внехозяйственные и внутрихозяйственные.

К внехозяйственным относятся дороги, необходимые для связи хозяйственного центра сельскохозяйственной организации с районным центром или существующей дорожной сетью, находящейся за пределами сельхозорганизации. По этим дорогам перевозятся сельскохозяйственные грузы и осуществляются хозяйственные и культурно-бытовые связи населения. В зависимости от важности и объемов пере-

возок внехозяйственные дороги подразделяются на главные и второстепенные.

Внутрихозяйственные дороги располагаются непосредственно на территории сельскохозяйственной организации в соответствии с организацией производства и особенностями перевозок они могут разделяться на: (проселочные (магистральные) и поселковые, а также полевые дороги) (рис. 2.3).

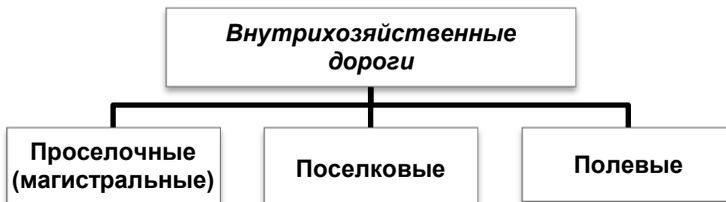


Рис. 2.3. Классификация внутрихозяйственных дорог

Проселочные (магистральные) дороги, по которым осуществляются транспортные связи между отдельными селениями и производственными подразделениями хозяйства, а также подъездные пути к дорогам общего пользования для связи хозяйства с пунктами, находящимися за его пределами. Эти дороги могут выполнять и функции полевых дорог, в частности, служат связующим звеном между отдельными частями севооборотного массива и используются для обслуживания работающих на полях людей и сельскохозяйственной техники.

Поселковые дороги располагаются в центральной усадьбе сельскохозяйственной организации, усадьбах бригад, производственных отделений.

Полевые дороги обеспечивают транспортные связи и обслуживание производственных процессов на полях и других хозяйственных участках сельскохозяйственных организаций.

Различие в назначении внутрихозяйственных дорог обуславливает разную методику проектирования проселочных (магистральных) и полевых дорог. При проектировании полевых дорог учитывают их роль в том или ином производственном процессе. Для магистральных, кроме того, необходимо знать размещение и взаимосвязь производственных отраслей данного хозяйства, его внешние транспортные связи, а также учитывать транзитные перевозки.

В качестве грузооборотных пунктов при проектировании проселочных магистральных дорог выступают усадебные центры сельхозор-

ганизаций, производственно-хозяйственные комплексы, массивы севооборотов и сельскохозяйственных земель.

Для грамотного проектирования сети внутрихозяйственных дорог необходимо знать грузооборот сельскохозяйственной организации. Грузооборот сельскохозяйственной организации складывается из внутри- и внешнехозяйственных перевозок грузов и людей. Основой для его определения служит валовая продукция отрасли, которая устанавливается на основе грузоемкости 1 га пахотных земель.

Данные грузо- и пассажирооборота отражают в балансовой таблице, на основании которой составляют внутрихозяйственную схему транспортных связей, или, при небольшом количестве грузооборотных пунктов, выбирают направления и размещают трассы магистральных дорог.

Проектирование основных магистральных дорог производят графо-аналитическими методами, исходя из общей схемы транспортных связей. Внутрихозяйственные дороги часто служат подъездными путями к внешнему хозяйственному, связанному с хозяйственным центром.

Каждый пункт связывают с запроектированной магистралью подъездным путем, при этом учитывают размещение существующих дорог, природно-экологические условия, а также другие составные части и элементы перспективной схемы организации территории организации.

Местоположение магистральных внутрихозяйственных сельскохозяйственных основных дорог на местности определяется размещением существующих дорог, границами земельных участков, отделений, бригад, севооборотных массивов, расположением усадебных центров, ферм и производственных комплексов на территории хозяйства. При строительстве сети магистральных (проселочных) дорог необходимо учитывать:

- целесообразность перемещения по ним не только автомобилей, но и тракторов, сельскохозяйственных машин и гужевого транспорта;
- резкое увеличение движения в период посевной и уборочной;
- необходимость транспортного обслуживания грузообразующих и грузополагающих пунктов (железнодорожных станций, хозяйственных центров, ферм и т. д.) и больших площадей;
- необходимость максимальной экономии средств, в связи с ограниченностью возможностей сельскохозяйственных предприятий.

Последовательность проектирования сети магистральных (проселочных) дорог следующая: составляют схему размещения дорог; корректируют схему в процессе полевых технических изысканий с учетом природных условий, рельефа, границ полей севооборотов и лесополос.

Полевые дороги обычно соединяют с магистральными (проселочными), образуя как бы их продолжение и разветвление. При этом учитывают требования полевых механизированных работ, желательно, чтобы полевые дороги располагались перпендикулярно к проселочным или же представляли их продолжение.

Проектирование полевых дорог производят с учетом перемещения по ним тракторной техники и других сельскохозяйственных машин. Полевые дороги в отличие от других дорог обслуживают не грузооборотные пункты, а грузооборотную площадь в виде полей севооборотов, кварталов садов и ягодников, участков луговых земель. Это обслуживание заключается в вывозе произведенной продукции, подвозе семян, удобрений и в непосредственном участии дороги в производственном процессе. Полевые дороги проектируют при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства одновременно с другими элементами внутреннего устройства территории севооборотов, садов, луговых земель для сенокосения и выпаса сельскохозяйственных животных, полей, кварталов, гуртовых и других участков, в наибольшей мере используя при этом благоприятные условия местности (рельеф, грунты и др.) и существующие дороги.

Полевые дороги по назначению условно делят на магистральные, постоянные, линии обслуживания и вспомогательные (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Классификация полевых дорог

Магистральные (постоянные) полевые дороги, как правило, обслуживают весь массив или большие части севооборотов, садов и других земель и связывают их с населенным пунктом и производственным центром. Потребность в них возникает при создании крупных севооборотных и других массивов растениеводства. Часто их роль играют внутрихозяйственные магистрали и дороги общего пользования. Рекомендуемая ширина 6–8 м.

Линии обслуживания предназначены для заправки, холостых проездов и поворотов тракторных агрегатов во время работы на полях, а также для транспортировки грузов с полей севооборотов, из кварталов, садов, для переездов и переходов людей. Их размещают по коротким сторонам полей, участков, кварталов многолетних плодово-ягодных насаждений. Ширина 4–6 м.

Вспомогательные дороги служат для вывоза урожая с полей и подвозки удобрений, а при работе поперек поля они выполняют функции линий обслуживания. Проектируют их по длинным сторонам полей. Ширина 3–4 м. Они проектируются из расчета одностороннего движения.

Продольные уклоны для всех полевых дорог в благоприятных условиях не должны превышать 10 %.

Проектируют полевые дороги с расчетом использования их не только для проезда автомобилей, но и для различных тракторных агрегатов в периоды выполнения полевых работ.

Размещение полевых дорог представлено на рис. 2.5.

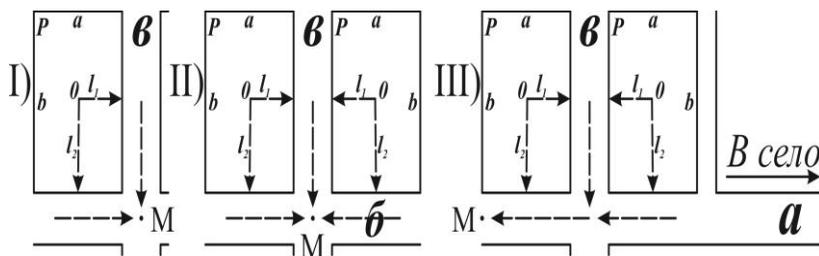


Рис. 2.5. Размещение полевых дорог в полях севооборота: a – магистральная полевая дорога; b – линии обслуживания; $в$ – вспомогательные полевые дороги

Сеть полевых дорог должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1) обеспечить удобную связь населенных пунктов и хозяйственных центров хозяйств с полями севооборотов, полевыми станами, летними лагерями, токами, различными предприятиями данного хозяйства, а также возможность переездов и передвижения сельскохозяйственных машин с поля и на поле и наименьшую себестоимость перевозки грузов автомобилями;

2) дороги, как правило, следует совмещать с границами полей севооборотов и отдельно обрабатываемых участков; недопустимо дробить поля дорогами на участки, неудобные для обработки;

3) сеть полевых дорог должна быть удобна для обслуживания машинно-тракторных агрегатов при выполнении полевых работ и экономична с точки зрения транспортных работ;

4) расположение дорог на полях необходимо согласовать с размещением защитных лесных полос.

Проектирование сети начинают с размещения полевых дорог, связывающих грузообразующие территории, – массивы севооборотов, массивы луговых земель, массивы земель под многолетними насаждениями, орошаемые участки, с соответствующими контрольными точками.

Последовательность проектирования сети внутрихозяйственных дорог:

1) составляют схему размещения дорог;

2) схему корректируют в процессе полевых технических изысканий с учетом природных условий, рельефа местности, границ полей севооборота, размещения лесных полос. Обычно одна из запроектированных дорог выполняет функции нескольких.

Во всех случаях, согласно ТКП 45-3.03-19, при проектировании автомобильных дорог низших категорий следует руководствоваться следующими основными принципами [5]: трасса дороги должна следовать преимущественно сложившимся направлениям полевых и лесных дорог; продольный профиль дороги рекомендуется проектировать преимущественно по обертывающей линии; площади ценных земель, занимаемых для строительства дороги, и ущерб окружающей среде должны быть минимальными и подтверждаться соответствующими обоснованиями.

При наличии в составе движения транспортных средств на гусеничном ходу разрешается пропуск их по дорогам категорий VI-а и VI-б на участках с покрытиями переходного и низшего типов. На дорогах с покрытием усовершенствованного типа без согласования с их владельцами запрещается движение транспортных средств и другой техники на гусеничном ходу.

2.6. Установление технических показателей автомобильных дорог

Установление технических показателей автомобильных дорог связано с учетом следующих основных факторов: значение дороги для развития экономики района; социально-экономическое значение связываемых ею населенных пунктов, предприятий и хозяйств в экономи-

ческой, административной и культурной жизни в настоящее время и в перспективе; объемом перевозимых грузов, интенсивностью и составом движения по дорогам; природными условиями, наличием местных дорожно-строительных материалов.

Для установления технических показателей определяют техническую категорию дорог, при этом находят их перспективную грузонапряженность, которая складывается из количества грузов и пассажиров, перевозимых по дороге за определенный период (обычно год).

Грузонапряженность дороги находят путем последовательного суммирования количества (объема) грузовых, пассажирских и безгрузовых перевозок и переездов по отдельным грузооборотным пунктам, которые будут осуществлять транспортные связи. При этом целесообразно использовать ведомости и маршруты перевозок, схему транспортных связей, а также проект (схему) размещения дорожной сети.

Для того чтобы наглядно представить себе грузонапряженность на отдельных участках дороги строят эпюры грузонапряженности. Для этого на карте (схеме), на которой показана запроектированная дорожная сеть, в определенном масштабе вдоль отрезков трассы изображают объем перевозок в виде полосок разной ширины с цифровыми показателями каждой категории грузов (рис. 2.6).

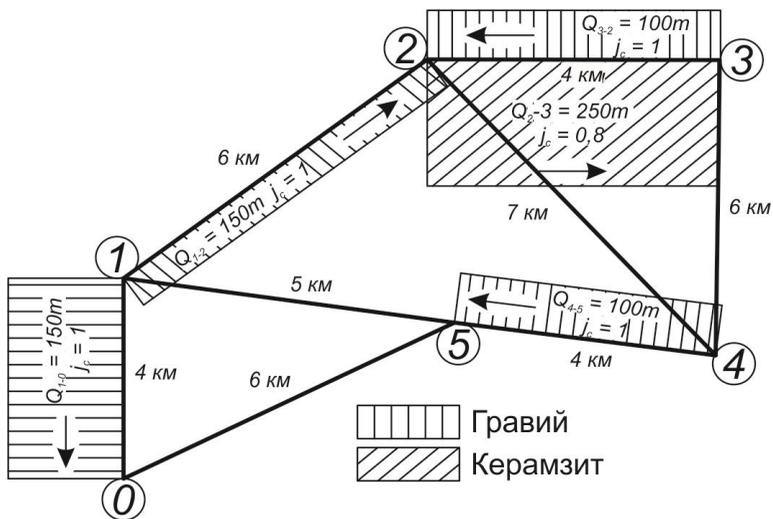


Рис. 2.6. Эпюра грузонапряженности

Грузонапряженность дорог служит исходным показателем для определения интенсивности движения, т. е. количества автомобилей, проходящих по дороге за единицу времени (1 сут, 1 ч). Определяют ее на исходный год и на перспективу – ближайшую и расчетную. Данные на расчетную перспективу необходимы для обоснования технических показателей дороги на длительный период, а на ближайшую – для назначения отдельных элементов (дорожной одежды, обустройства пути) при ее стадийном строительстве. Учитывая сезонность производства и перевозок сельскохозяйственной продукции, при проектировании необходимо определять не среднегодовую суточную интенсивность движения, а за наиболее напряженный (апрель-октябрь) период, в течение которого перевозят около 70 % всех грузов.

За расчетную интенсивность движения следует принимать среднегодовую суточную интенсивность движения механизированных транспортных средств (прив. ед/сут) суммарно в обоих направлениях за последний год перспективного периода. Перспективный период при назначении категории дороги следует принимать равным 20 годам.

При установлении интенсивности движения автомобильной дороги при различных типах передвигающихся транспортных средств используется коэффициент приведения (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Коэффициенты приведения к легковому автомобилю [4]

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили и мотоциклы, микроавтобусы	1,0
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
до 2 включ.	1,3
св. 2– 6	1,4
6–8	1,6
8–14	1,8
более 14	2,0
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12 включ.	1,8
св. 12–20	2,2
20–30	2,7
более 30	3,2
Автобусы малой вместимости	1,4
То же, средней	2,5
большой	3,0
сочлененные и троллейбусы	4,6

Примечание. Коэффициенты приведения для специальных автомобилей следует принимать, как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности.

Для установления интенсивности движения на дорогах местного значения рекомендуется следующая формула:

$$N = \frac{QfK}{t\beta\alpha P}, \quad (2.3)$$

где N – интенсивность движения, авт/сут;

Q – грузонапряженность дороги, т;

f – коэффициент неравномерности перевозок по сезонам и периодам года;

t – число дней перевозок, ~ 200 ;

β – коэффициент использования пробега автомобиля, $\sim 0,6$ (определяются как отношение пробега автомобиля с грузом к общему пробегу);

α – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, $\sim 0,8-0,9$ (зависит от класса грузов, типа автомобиля, дорожных условий и других факторов);

P – средняя грузоподъемность автомобиля, ~ 4 т;

K – коэффициент повторности перевозок, определяющий повторные и неучтенные перевозки и переезды, $\sim 1,2-1,4$.

Средняя грузоподъемность автомобиля (P) определяется как среднее от грузоподъемности используемых автомобилей различных марок.

Если имеются фактические данные интенсивности за ряд лет и известен темп роста, перспективную интенсивность движения можно определить по формуле сложных процентов:

$$N_p = N_n (1 + K)^t, \quad (2.4)$$

где N_p – интенсивность движения на расчетный год, авт/сут;

N_n – то же, за исходный год, авт/сут;

K – коэффициент ежегодного роста интенсивности движения, $\sim 0,08-0,10$;

t – расчетный срок, лет.

Перспективная интенсивность движения и местные природные условия – решающие факторы для установления технических показателей дорог.

Основные технические нормативы дорог: ширина земляного полотна и проезжей части, тип покрытия, продольные уклоны, радиусы закруглений в плане и в продольном профиле, нагрузки и габариты искусственных сооружений, ширина полосы отвода (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Основные технические нормативы для местных дорог [4, 5]

Нормативы	Обычные автомобильные дороги					Автомобильные дороги низших категорий	
	Дороги общего назначения					Обеспечение постоянных подъездов к малым сельским поселениям	
	Категория дороги						
	II	III	IV	V	VI-a	VI-b	
Расчетная интенсивность движения, ед/сут	Свыше 7000	3000–7000	400–3000	До 400	25–50	До 25	
Расчетная скорость движения, км/ч (основная)	120	100	80	60	40–70	30–60	
Ширина земляного полотна по верху, м	13	12	10	8	10	8	
Ширина проезжей части, м	7	7	6	5,5	6,0–4,5	4,5–3,5	
Ширина обочин, м	3	2,5	2	1,25	2	1,75	
Средняя ширина полосы отвода, м		28	26	24	12	12	
Наибольший продольный уклон, тыс. (‰)	40	50	60	70	60–80	70–90	
Наименьший радиус кривых в плане, м	500	400	250	125	80–200	80–150	
Наименьший радиус вертикальных кривых, м: а) выпуклых б) вогнутых	15000 600	8000 4000	4000 2500	1500 1500	1000 1000	1000 1000	
Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	250	150	100	60	40	40	
Габариты мостов	Г-11	Г-10	Г-8	Г-6,5	Г-6,5	Г-6,5	
Рекомендуемые покрытия: а) монолитный цементобетон б) асфальтобетонные в) черные щебеночные и гравийные; мостовые из камня, щебеночные, гравийные в) грунтовые, укрепленные добавками, грунтовые оптимальной смеси, грунтовые профилированные	+ + – –	+ + – –	+ + + –	+ – + +	– – + +	– – + +	

Параметры запроектированных дорог должны быть взаимоувязаны таким образом, чтобы обеспечивалась комплексная работа автотранспорта на дорогах различных категорий, не снижались эксплуатационные показатели автомобилей из-за плохих дорожных условий.

2.7. Понятие о плотности дорожной сети

Производительность автотранспорта наряду с другими факторами зависит от густоты (плотности) дорожной сети.

Густоту дорожной сети выражают отношением ее протяженности к определенной площади обычно км/км², или м/га.

$$K_r = \frac{L_q}{S_T}, \quad (2.5)$$

где L_q – протяженность автомобильных дорог, км;

S_T – площадь территории, км².

Наряду с густотой с густотой важным показателем, характеризующим дорожную сеть района, служит коэффициент протяженности дорог с твердым покрытием, который определяют по формуле:

$$K = \frac{L_T}{L_O}, \quad (2.6)$$

где L_T – протяженность дорог с твердым покрытием, км;

L_O – протяженность всех дорог, км.

Плотность автомобильных дорог конкретной сельскохозяйственной организации зависит от его расположения, направления и интенсивности ведения отраслей производства, схемы расселения населения, размещения предприятий местной промышленности, культурно-бытовых и других центров.

Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием – это протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием (км), приходящаяся на единицу площади территории (1000 км², м²).

Автомобильные дороги с твердым покрытием имеют усовершенствованное покрытие (цементобетонное, асфальтобетонное, гравийное или щебеночное обработанное вяжущими материалами, щебеночное, гравийное, мостовые покрытия).

Плотность автодорог общего пользования с твердым покрытием в Республике Беларусь и по областям представлена в табл. 2.3. Для эффективного обслуживания территории дорожная сеть должна иметь такую густоту, которая обеспечивала бы минимальные суммарные затраты средств на строительство и эксплуатацию дорог, обслуживающие сельскохозяйственного производства и перевозку грузов и людей.

Таблица 2.3. Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (на конец года; на 1000 км², км)* [2]

Наименование областей	Год						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Республика Беларусь	422,1	424,7	426,6	428,3	429,4	432,7	433,4
Брестская	384,8	386,2	388,8	390,5	391,8	397,0	398,4
Витебская	407,9	414,6	415,8	417,4	418,7	427,2	427,9
Гомельская	315,2	316,4	318,7	320,8	321,2	321,4	321,5
Гродненская	540,3	540,8	542,9	545,2	545,5	548,8	546,9
Минская (включая г. Минск)	515,9	518,8	522,1	523,5	526,4	530,2	532,6
Могилевская	400,7	401,8	401,2	402,3	402,1	399,9	400,6

*При установлении плотности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием включается протяженность улиц.

Более густая сеть оказывает положительное влияние на развитие сельскохозяйственного производства и улучшает условия использования транспорта сельским населением. Однако это требует определенных затрат на строительство и отвод дополнительных площадей под дороги. Поэтому для каждой конкретной территории очень важно установить оптимальную густоту автомобильных дорог.

Оптимальной густоту дорог можно считать в том случае, если она обеспечивает минимальные транспортные затраты и в то же время не занимает дополнительные площади сельскохозяйственных земель. При этом необходимо сопоставить транспортные затраты при существующей и проектируемой сети.

Густота – важнейший показатель, характеризующий сеть внутрихозяйственных дорог. В качестве единицы измерения здесь целесообразнее принять метр на гектар (м/га) сельскохозяйственных земель, так как эти дороги имеют относительно малую протяженность и обслуживают сравнительно небольшие площади, главным образом сельскохозяй-

зяйственные земли. В расчете на общую площадь гуще сеть дорог в хозяйствах, где удельный вес таких земель больше.

Густота размещения внутривосхозяйственных дорог зависит от многих факторов. Один из основных – количество (плотность) грузов, приходящихся на единицу площади. Например, при производстве картофеля на каждый гектар приходится более 100 т перевозок, в том числе автомобильным транспортом 20–30 т. Кроме того, учитывают тип севооборота, размеры проектируемых участков, рельеф, почвогрунты, используемый транспорт, существующие дороги.

Экономическую целесообразность сгущения сети автомобильных дорог можно определить по следующему неравенству:

$$(K \cdot E + P_n + A_n + R_n) L_n + Y_1 d_n < (P_c + A_c + R_c) L_c, \quad (2.7)$$

где K – суммарные капитальные затраты на строительство (реконструкцию) автомобильных дорог и её инженерных сооружений, руб/км;

E – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

Y_1 – потери сельскохозяйственного производства, связанные с дополнительным занятием сельскохозяйственных земель под автомобильные дороги, руб/га;

P_n, P_c – затраты на перевозки грузов по запроектированным и существующим дорогам или бездорожью, руб/км;

A_n, A_c – амортизационные отчисления на запроектированные и существующие дороги, руб/км;

R_n, R_c – затраты, связанные с содержанием существующих и запроектированных дорог, руб/км;

L_n, L_c – протяженность существующих и запроектированных дорог, км;

d_n – дополнительная площадь сельскохозяйственных земель под запроектированными дорогами, га.

$$d_n = S_n - S_c, \quad (2.8)$$

где S_n – площадь сельскохозяйственных земель под запроектированными дорогами, га;

S_c – площадь сельскохозяйственных земель под существующими дорогами, га.

Чем выше значение плотности грузов, тем более густой должна быть дорожная сеть сельскохозяйственного предприятия.

При определении густоты внутрихозяйственных дорог нужно учитывать транспортные расходы на перевозку грузов с полей и на поля по дорогам или непосредственно по пахотным землям (стерне), потери продукции с площади пахотных земель, занятой под дороги, а также полноту и удобство обслуживания работающих на полях людей и техники.

Так как перевозки в растениеводстве занимают большой объем, внутрихозяйственные транспортные расходы будут зависеть от расстояния перевозок и условий движения транспортного средства по дороге и по пахотным землям (в период сева, уборки пропашных) или по стерне (при уборке колосовых). Поэтому большое значение при установлении густоты размещения внутрихозяйственных дорог имеет рациональное расстояние перевозок к дороге. При этом учитывают разницу в стоимости перевозок по пахотным землям (стерне) без дороги и по дороге, а также требования к размещению полей севооборотов.

Сгущение полевой сети будет экономически выгодным, если стоимость перевозок грузов с площади севооборота превышает затраты на строительство 1 км дороги, отнесенные к одному году, и ежегодные потери сельскохозяйственного производства:

$$\sum l_i Q_i P_i \Delta c_i \geq \frac{K}{t} + Y_i, \quad (2.9)$$

где Q_i – грузоемкость 1-го га севооборота, т;

P_i – площадь севооборота, га;

Δc_i – стоимость перевозок 1 ткм, руб., $\Delta c_i = c_1 - c_2$;

K – капитальные затраты на строительство дороги, руб.;

t – срок осуществления проекта, лет;

Y_i – потери сельскохозяйственного производства, руб/га.

Ежегодная экономия от сгущения составит:

$$\Xi_c = l_i Q_i P_i \Delta c_i - \frac{K}{t} + Y_i, \quad (2.10)$$

$$E \sum_{i=1}^n K_i + P_i + Y_i < P_c + d_p, \quad (2.11)$$

где K_i – капитальные затраты, руб.;

P_i – перевозки по затратам, руб.;

P_c – затраты на перевозки грузов по существующим дорогам, руб.;

d_p – стоимость потерь продукции, руб.

Густота полевых дорог зависит, прежде всего, от грузоемкости севооборотной площади. Чем больше грузов приходится на единицу площади, тем гуще должна быть дорожная сеть. Имея эквивалент для одного севооборота, можно установить его и для остальных. Однако, если исходить только из требований снижения себестоимости перевозок, то практически необходимо подвести дороги к каждому участку пахотных земель, что противоречит ее рациональному использованию и правильной организации производственных процессов на полях. Поэтому необходимо учитывать и другие факторы, которые часто будут играть более существенную роль. К ним можно отнести допустимые минимальные размеры сторон проектируемых участков, необходимые для производительного использования техники; занимаемую под дороги площадь сельскохозяйственных земель; удобство обслуживания производственных процессов и ряд других требований. На массивах с оросительной и осушительной мелиоративной сетью определяющее влияние на густоту и конфигурацию дорожной сети оказывает взаимное размещение открытых каналов.

Таким образом, на густоту проектируемой дорожной сети влияют, прежде всего, местные природные условия и сложившаяся транспортная сеть. Важное значение имеет также количество грузов, приходящихся на единицу площади. Это количество различно для разных районов и хозяйств и зависит от уровня развития их экономики, размеров и размещения сельских населенных пунктов, специализации и развития отраслей сельскохозяйственного производства, его интенсификации, природных условий (рельеф местности и др.).

На густоту размещения полевых дорог влияют также площади проектируемых хозяйственных участков и размеры их сторон. Изменение соотношения сторон при данной площади участка или изменение его площади при данном соотношении сторон ведет к изменению расстояний до границ участка, т. е. между дорогами. Все поля короткими сторонами должны примыкать к дороге. Для полей севооборотов площадью до 100 га рекомендуется проектировать одну дорогу по длинной стороне на два смежных поля, для полей площадью 100–200 га – по каждой длинной стороне, а свыше 200 га, кроме того, – временные дороги через 800–1000 м (при наличии на полях грузоемких культур). Согласно имеющимся научным исследованиям, в сельскохозяйственных организациях густота дорожной сети на территории севооборотов в зависимости от их площади должна составлять 15–30 м/га, что в два-

три раза меньше существующей бессистемно сложившейся сети полевых и межселенных дорог.

2.8. Обоснование проекта и определение экономической эффективности дорожного строительства

При размещении трасс дорог в плане, возникают варианты. Для выбора лучшего проектного решения и обоснования проекта в целом используют ряд природных, социально-экономических и эксплуатационно-технических показателей.

Основные природные факторы, учитываемые при оценке вариантов трасс дорог – рельеф, почвогрунты, гидрография, гидрология, виды земель на участках, отводимых под строительство дороги и др. Лучшей будет трасса, хорошо вписанная в ландшафт местности, проходящая в местах с равнинным рельефом, имеющим пологие склоны, располагающаяся на устойчивых грунтах, с меньшим числом пересечений постоянных и временных водотоков, а также с хорошими условиями водоотвода и снегозащиты.

По эксплуатационно-техническим показателям лучшим будет вариант с меньшей протяженностью и извилистостью трассы, большими радиусами кривых, меньшими уклонами, лучшими условиями видимости пути. Основными показателями служат: длина трассы; коэффициент развития трассы – определяется как отношение фактической длины запроектированной трассы к длине трассы по прямой (воздушной линии) между грузооборотными пунктами; количество углов поворота; суммарное значение углов; наибольшее значение углов поворота; минимальный радиус поворота; максимальный продольный уклон; число участков с ограниченной видимостью и их протяженность; количество пересечений с автомобильными и железными дорогами; количество пересечений водотоков; протяженность участков трассы, совмещенных с улицами населенных пунктов; протяженность снегозащитных участков и др.

Оценку вариантов трасс дорог по эксплуатационно-техническим показателям можно отражать в табл. 2.4. При оценке проекта по социально-экономическим показателям учитывают площади, занимаемых сельскохозяйственных земель под дорогой, стоимость строительства дороги и ее сооружений, ежегодные дорожно-транспортные расходы; условия связи производственных единиц, населенных пунктов, культурно-бытовых и административных центров. Лучшим будет вариант,

при котором наряду с другими положительными факторами занимает-ся меньше сельскохозяйственных земель.

Таблица 2.4. Оценка вариантов трасс дороги по эксплуатационно-техническим показателям

Показатели	Данные по вариантам			
	1	2	Оценка вариантов (±)	
			1	2
Длина трассы, км				
Площадь земель под дорогой, га				
Площадь пахотных земель под дорогой, га				
Площадь луговых земель под дорогой, га				
Количество углов поворота				
Количество углов на 1 км трассы				
Коэффициент развития трассы				
Проектируемый минимальный радиус кривой в плане, м				
Наименьшее расстояние видимости поверхности дороги, м				
Максимальный продольный уклон местности по трассе, ‰				
Количество пересечений (примыканий) дорог				
Количество пересечений водотоков и их общая ширина, м				
Количество мостов и их общая длина, м				
Количество труб и их общая длина, м				
Протяженность участков трассы с неблагоприятными условиями (овраги, болота, поймы рек, крутые склоны и др.), км				
Протяженность трассы в границах населенных пунктов, км				
Принятый вариант				

В состав определяемых экономических показателей входят капитальные затраты, ежегодные затраты и сбережения, приведенные затраты и срок окупаемости капиталовложений.

При экономической оценке вариантов определяют капитальные и ежегодные затраты.

1. Стоимость строительства дороги:

$$K_1 = L_n C_1, \quad (2.12)$$

где L_n – протяженность, длина запроектированной дороги, км;

C_1 – стоимость строительства 1 км дороги, руб.

2. Стоимость строительства инженерных сооружений:

$$K_2 = L_c C_2, \quad (2.13)$$

где L_c – длина инженерного сооружения (моста, трубы), пог. м;

C_2 – стоимость строительства 1 пог. м инженерного сооружения, руб.

3. Затраты, связанные с отводом сельскохозяйственных земель под дорогу (потери сельскохозяйственного производства):

$$K_3 = S_d C_3 k_n, \quad (2.14)$$

где S_d – площадь сельскохозяйственных и лесных земель, отводимая под дорогу, га;

C_3 – норматив возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производств, руб/га;

k_n – совокупный поправочный коэффициент к нормативу возмещения потерь сельскохозяйственного производства.

Размер убытков, причинённых землепользователям изъятием земельных участков под дорогу и сносом объектов недвижимости:

$$K_4 = S_c C_4, \quad (2.15)$$

где S_c – площадь участков пахотных, других сельскохозяйственных земель, отводимых под дорогу, а также сносимых объектов недвижимого имущества, га, m^2 ;

C_4 – стоимость убытков землепользователей в связи с незавершённым производством, сносом объектов недвижимого имущества, руб/га, руб/ m^2 .

Суммарные капитальные затраты (K_c) рассчитываются по формуле

$$K_c = K_1 + K_2 + K_3 + K_4. \quad (2.16)$$

Ежегодные затраты включают затраты на эксплуатацию дорог (R), затраты на перевозки грузов (P), амортизационные отчисления (A) в связи с эксплуатацией автомобильной дороги и инженерных сооружений (мостов, труб).

Затраты на эксплуатацию дорог можно определить по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n L'_i r_i, \quad (2.17)$$

где L'_i – протяженность i -й запроектированной дороги, км;

r_i – годовые затраты на содержание и ремонт i -й дороги, руб/км.

Затраты на перевозки грузов (P) рассчитываются по формуле

$$P = \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i, \quad (2.18)$$

где Q_i – вес перевозимых грузов по i -й дороге, т;

l_i – расстояние перевозки грузов по i -й дороге, титуду, км;

c_i – стоимость перевозки 1 т груза по i -му титуду, руб/ткм.

Амортизационные отчисления в связи с эксплуатацией дороги находятся по формуле:

$$A = \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2, \quad (2.19)$$

где α_1 и α_2 – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов;

K_1 и K_2 – то же, что и в формулах (2.12) и (2.13).

Суммарные ежегодные затраты находятся по формуле

$$C_c = R + P + A. \quad (2.20)$$

Суммарные приведенные затраты (Z_n) определяются по формуле

$$Z_n = E_n K_c + C_c \Rightarrow \min, \quad (2.21)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений. Для внутрихозяйственных дорог он принимается равным 0,05, для дорог общего пользования 0,10;

K_c – суммарные капитальные затраты, руб.;

C_c – суммарные ежегодные затраты, руб.

При использовании запроектированной автомобильной дороги будут иметь место ежегодные сбережения, включающие сбережения на перевозки грузов (\mathcal{E}_1), эксплуатацию автомобильных дорог (\mathcal{E}_2), дополнительный доход (убытки) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель из-под дорог (\mathcal{E}_3) и сбережения в результате более полного использования автотранспорта в течение года, улучшения культурно-бытовых и административных связей, активизации хозяйственной деятельности (\mathcal{E}_4). Значения перечисленных сбережений можно найти по соответствующим формулам.

Сбережения на перевозку грузов можно рассчитать следующим образом:

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i - \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i, \quad (2.22)$$

где Q_i – масса перевозимых грузов по i -й дороге, перегону, т;

l'_i и l_i – расстояние перевозки грузов по i -й существующей и запроектированной дороге, перегону, км;

c_i – стоимость перевозки 1 т груза по i -й дороге, перегону, руб/ткм.

Экономия (перерасход) на эксплуатацию дорог (\mathcal{E}_2) можно определить по формуле:

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{i=1}^n L'_i r_i - \sum_{i=1}^n L_i r_i, \quad (2.23)$$

где L'_i и L_i – соответственно протяженность существующих и запроектированных i -х дорог, км;

r_i – то же, что и в формуле (2.17).

Величину экономии (убытка) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель под дорогами (\mathcal{E}_3) определяют как доход (убыток), получаемый как разность площадей под существующими и проектируемыми дорогами по вариантам:

$$\mathcal{E}_3 = (S_c - S_n)d, \quad (2.24)$$

где S_c и S_n – площади сельскохозяйственных земель под существующими и проектируемыми дорогами, га;

d – доход с 1 га сельскохозяйственных земель, руб.

Сбережения, получаемые в результате более полного использования автотранспорта в периоды распутиц, улучшения культурно-бытовых и административных связей, активизации хозяйственной деятельности \mathcal{E}_4 , можно условно принять в размере 20–30 % от общей экономии (\mathcal{E}_1) и (\mathcal{E}_2).

Общая годовая экономия на транспортных и других расходах ($\mathcal{E}_{\text{общ}}$), получаемая в результате использования запроектированной дороги, выражается формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4, \quad (2.25)$$

Окончательным показателем, характеризующим проектное решение, является срок окупаемости капиталовложений в строительство дорог (t):

$$t = \frac{K_c}{\mathcal{E}_{\text{общ}}}, \quad (2.26)$$

где K_c – то же, что и в формуле (2.16);

$\mathcal{E}_{\text{общ}}$ – то же, что и в формуле (2.25).

Лучшим вариантом размещения трассы дороги является тот, который имеет меньший срок окупаемости капитальных затрат.

Для внутрихозяйственных дорог срок окупаемости капиталовложений не должен превышать 20 лет, для дорог общего пользования – 10 лет.

Наиболее приемлемым будет вариант с меньшими капитальными и ежегодными затратами. Однако могут быть случаи, когда для одного из вариантов характерны большие капитальные, но меньшие ежегодные расходы.

Если срок окупаемости варианта составит менее 10 лет, а технико-эксплуатационные показатели будут лучше, то принимают этот вариант. Кроме перечисленных экономических показателей, учитывают также возможность механизации строительных работ, степень использования местных строительных материалов, возможность поэтапного, стадийного совершенствования дороги и другие показатели.

В основе экономического обоснования проекта лежит принцип самоокупаемости дорог. Капитальные затраты на строительство дороги должны быть возвращены за счет удешевления транспортных расходов во время ее эксплуатации. В процессе эксплуатации дороги накопления должны быть больше затрат на ее содержание, ремонт и реконструкцию, т. е. дорога должна самоокупаться. Наиболее желателен случай, когда

$$E_n K_c + \sum_1^n C_n < \sum_1^n \mathcal{E}_n, \quad (2.27)$$

где K_c – суммарные затраты на строительство, руб.;

$\sum_1^n C_n$ – затраты на эксплуатацию дороги за n лет, руб.;

$\sum_1^n \mathcal{E}_n$ – суммарные сбережения за n лет, руб.;

E_n – то же, что и в формуле (2.21).

2.9. Разработка природоохранных мероприятий при составлении и осуществлении проекта

При проектировании автомобильных дорог уделяют большое внимание охране природы, бережному использованию ее ресурсов, стре-

мятся к возможно меньшему нарушению экологических, геологических, гидрологических и других естественных условий и максимально уменьшать отрицательные воздействия на окружающую среду транспортных средств (загазованность воздуха, шум, вибрация и др.), возникающие при эксплуатации дорог.

В соответствии с СН 3.03.04-2019 [5] и ТКП 45-3.03-96-2008 [5] при проектировании автомобильных дорог предпочтение следует отдавать решениям, оказывающим минимальное отрицательное воздействие на окружающую природную среду, предусматривающим оптимальное сочетание дороги с ландшафтом.

При сравнении вариантов трассы и конструктивных решений учитывают ценность занимаемых земель, а также затраты на приведение временно отводимых для нужд строительства земельных участков в состояние, пригодное для использования в народном хозяйстве.

Трассирование автомобильных дорог, назначение мест размещения искусственных сооружений, производственных баз, подъездных дорог и других временных сооружений для нужд строительства выполняют с учетом сохранения ценных природных ландшафтов, лесных массивов, а также мест обитания, размножения, питания, отстоя и путей миграции диких животных, птиц и обитателей водной среды.

В сельскохозяйственных районах трассу автомобильной дороги по возможности прокладывают по границам полей, севооборотов или хозяйств. Не допускается проложение трассы по государственным заповедникам или заказникам, охраняемым урочищам и зонам, отнесенным к памятникам природы и культуры. Трассу дороги вдоль рек, озер и других водоемов прокладывают за пределами специально установленных для них защитных зон. При проектировании дорог обязательно предусматривают увязку их с мелиоративными сетями.

В районах размещения курортов, домов отдыха, пансионатов, пионерских лагерей и т. д. трассу располагают за пределами установленных вокруг них санитарных зон или разрабатывают в проектах необходимые защитные мероприятия.

В районах лесных массивов автомобильные дороги прокладывают по возможности с использованием направлений просек и противопожарных разрывов, границ предприятий и лесничеств с учетом нормативных документов о порядке использования лесов по категории защищенности и данных экологических обследований. Желательно, чтобы направление трассы автомобильных дорог I–III категорий, проходящих по лесным массивам, совпадало с направлением господствующей

щих ветров в целях обеспечения естественного проветривания и уменьшения заносимости дорог снегом.

При пересечении автомобильных дорог категорий I-а–II с путями миграции диких животных для их пропуска следует предусматривать устройство специальных сооружений и установку защитных (направляющих) конструкций. Места установки указанных сооружений должны соответствовать расположению основных миграционных коридоров диких животных.

На землях, занимаемых под дорогу и ее сооружения, а также временно занимаемых на период строительства дороги, плодородный слой подлежит снятию и использованию для повышения плодородия малопродуктивных сельскохозяйственных земель или объектов предприятий лесного хозяйства.

Снятию подлежит плодородный слой почвы, обладающий благоприятными физическими и химическими свойствами с механическим составом от глинистого до супесчаного, без ясно выраженного оглеения, с плотностью слоя не менее $1,4 \text{ г/см}^3$. Присутствие на почвенном покрове солонцов и солончаков не должно превышать значений, установленных.

Плодородный слой почвы не снимают, если рельеф местности не обеспечивает его снятие, а также на участках с выходом на поверхность скальных обнажений, валунов, крупных (более 0,5 м) камней.

На дорогах в пределах водоохранных зон предусматривают организованный сбор воды с поверхности проезжей части с последующей ее очисткой или отводом в места, исключающие загрязнение источников водоснабжения. При проложении дорог через населенные пункты и сельскохозяйственные земли, предусматривают дорожные покрытия, исключающие пылеобразование.

При обходе населенных пунктов автомобильные дороги по возможности прокладывают с подветренной стороны, ориентируясь на направление ветра в особо неблагоприятные осенне-зимние периоды года. В целях защиты населения от транспортного шума создают буферную зону между автомобильной дорогой и застройкой с учетом генерального плана развития населенного пункта.

В случаях, когда при проложении автомобильных дорог уровень транспортного шума на застроенной прилегающей территории превышает допустимые санитарные нормы, предусматривают шумозащитные мероприятия (проложение дороги в выемках, строительство шумозащитных валов, барьеров и других сооружений, посадка специальных шумозащитных полос и т. д.), обеспечивающие снижение уровня

шума до значений, установленных санитарными нормами, а также проектируют дорожные покрытия, при проезде автомобилей по которым возникает наименьший шум.

Если возведение земляного полотна (независимо от высоты насыпи) создает опасность подтопления поверхностными водами и заболачивания прилегающих к дороге земель, в проекте предусматривают водоотводные сооружения, гарантирующие существующие до строительства (или лучшие) условия произрастания сельскохозяйственных культур и лесных насаждений.

При проектировании насыпей через болота с поперечным (по отношению к трассе дороги) движением воды в водонасыщенном горизонте необходимо исключить поднятие уровней воды и увеличение площади заболачивания в верхней части болота. Для этого предусматривают отсыпку насыпи или ее нижней части из дренирующих материалов, устройство вдоль земляного полотна продольных канав, а в пониженных местах, если это необходимо, искусственных сооружений и т. п.

При наличии грунта, который не может быть отсыпан в насыпи, целесообразнее предусматривать использование его для засыпки оврагов, эрозионных промоин, свалок и т. п. С последующим уплотнением и планировкой поверхности.

При проложении дорог III–V категорий по пахотным землям, орошаемым или осушаемым землям, а также по землям, используемым под постоянными культурами, земляное полотно проектируют без резервов и кавальеров.

При пересечении водотоков, выборе конструкций и отверстий искусственных сооружений, особенно на косогорных участках дорог, решают вопросы защиты полей от размыва и заиления, заболачивания, наименьшего нарушения растительности и дернового покрова, гидрологического режима водотоков и природных уровней грунтовых вод, защиты склонов от размыва и разрушения.

Следует максимально использовать находящиеся в зоне строительства пригодные для строительства автомобильных дорог местные строительные материалы, а также отходы производственных предприятий. Применение отходов производства разрешается после проверки на агрессивность и токсичность при условии отсутствия ущерба окружающей природной среде.

В условиях радиоактивного загрязнения местности следует предусматривать дополнительные мероприятия в соответствии с требованиями действующих нормативных правовых актов в зависимости от плотности загрязнения.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды дорожных изысканий и приведите их краткую характеристику?
2. Экономические изыскания?
3. Технические изыскания?
4. Что понимается под грузооборотными пунктами и их транспортными связями?
5. Как осуществляется выбор направления и размещение сети дорог?
6. Что учитывается при проектировании сети местных дорог?
7. Как определяются технические показатели автомобильных дорог?
8. Что понимается под понятием плотности дорожной сети?
9. Каким образом определяется экономическая эффективность дорожного строительства?
10. Что входит в состав природоохранных мероприятий при составлении и осуществлении проекта?

3. ДОРОГА В ПЛАНЕ

- 3.1. План трассы.
- 3.2. Трассирование дороги в плане.
- 3.3. Особенности движения автомобиля на закруглениях малого радиуса. Устройство виража.
- 3.4. Пересечение и примыкание автомобильных дорог.

3.1. План трассы

При дорожных изысканиях на местности намечают ось дороги, которая называется трассой. Она представляет собой пространственную линию, которая изменяет свое направление в горизонтальной и вертикальной плоскости. Отклонение от прямой в вертикальной плоскости вызывается обходом препятствий (болот, рек, оврагов и т. д.).

На топографических картах или планах дорогу изображают в виде плана трассы.

План трассы – графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость в определенном масштабе.

Положение трассы проектируемой дороги определяется начальным, конечным, а иногда и промежуточными пунктами.

Между заданными грузооборотными пунктами трассу дороги стремятся размещать по кратчайшему расстоянию, однако часто провести дорогу по прямой нельзя из-за различных препятствий. Поэтому трасса состоит из прямолинейных отрезков, сопряженных кривыми.

Изменение направления трассы характеризуется углом поворота, который образуется между продолжением направления трассы и ее новым направлением (рис. 3.1).

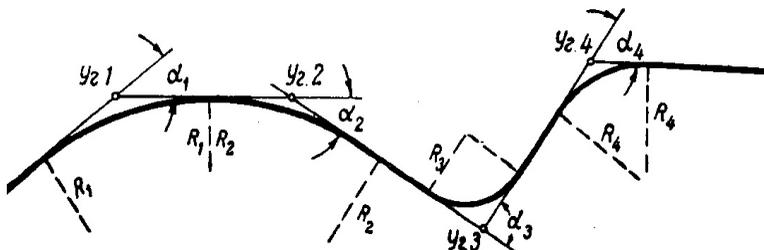


Рис. 3.1. Схема трассы автомобильной дороги

Удлинение трассы дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуется *коэффициентом развития трассы*, равным отношению фактической длины трассы к длине по прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты (рис. 3.2).

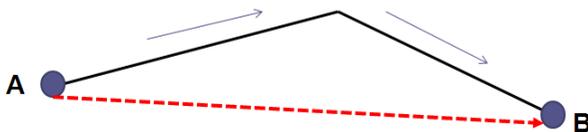


Рис. 3.2. Геометрический смысл коэффициента развития трассы

Коэффициент развития определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{j=1}^m L_j}, \quad (3.1)$$

где L_i – протяженность i -го отрезка трассы между грузооборотными пунктами, км;

L_j – протяженность j -го отрезка между грузооборотными пунктами по прямой, км.

Для обеспечения плавности и требуемой скорости движения при повороте трассы во *внутренние* углы поворотов вписывают горизонтальные кривые.

Горизонтальные кривые не вписываются, если угол поворота $\alpha \leq 10^\circ$ для дорог III и IV категории и меньше 5° для дорог I–II категории.

Горизонтальная кривая имеет следующие элементы (рис. 3.3): K – длина кривой, T – тангенс, B – биссектриса, D – домер и характеризуется R – радиусом кривой.

Величину углов поворота определяют по плановой основе с помощью транспортира.

Длина круговой кривой (K) рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}, \quad (3.2)$$

где R – радиус круговой кривой, м;

α – угол поворота, град;

π – число, приблизительно равное 3,14.

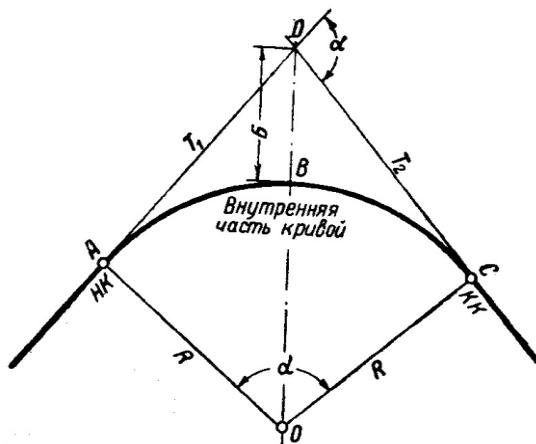


Рис. 3.3. Элементы горизонтальной круговой кривой: α – угол поворота кривой; R – радиус кривой, м; K – длина кривой, м; T_1 и T_2 – тангенсы, м; B – биссектриса, м; D – домер, м; O – центр кривой; НК и КК – начало и конец кривой; D – вершина угла

Значение тангенса (T) находится по формуле

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.3)$$

где R и α – то же, что и в формуле (3.2).

Биссектриса (B) определяется из выражения:

$$B = \sqrt{R^2 + T^2} - R. \quad (3.4)$$

Значение домера (D) находится по формуле

$$D = 2T - K. \quad (3.5)$$

Последовательность вписывания горизонтальной кривой состоит в следующем (рис. 3.3):

1. От вершины угла (BV) поворота по трассе дороги откладывают вперед и назад величины тангенсов (T) и определяют положение начала и конца кривой (HK и KK).

2. Строят биссектрису угла, смежного с углом α . Отложив от вершины угла по биссектрисе значение B , находят середину кривой (CK).

3. Отложив от центра кривой по биссектрисе кривой значение R , получают центр вписываемой горизонтальной кривой O .

4. Принятым радиусом (R) через точки начала (HK), середины (CK) и конца кривой (KK) вписывают горизонтальную кривую.

Радиусы круговых кривых назначаются в зависимости от категории дороги и местных условий, в соответствии с СН 3.03.04-2019 [4] и ТКП 45-3.03-96-2008 [5] (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Рекомендуемые радиусы кривых в плане [4, 5]

Категория автомобильной дороги	Рекомендуемый радиус кривых в плане, м	Наименьше допустимый радиус кривых в плане, м
I-а	>3000	500
I-б, I-в и II	>2000	500
III	>1200	400
IV	>1200	250
V	>1000	125
VI-а	>250	60
VI-б	>250	30

Малые радиусы ухудшают эксплуатационные показатели дороги, поэтому их проектируют только в исключительных случаях: при сложном рельефе, обходе препятствий, в населенных пунктах. Поэтому рекомендуется вписывать кривые для дорог I–II категории с радиусом не менее 3000 м, других категорий – 2000 м.

Для составления продольного профиля производят разбивку пикетажа по трассе дороги (рис. 3.4).

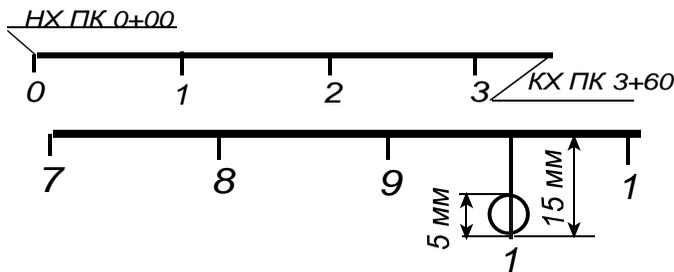


Рис. 3.4. Разбивка пикетажа на трассе дороги (фрагмент)

Пикеты устанавливаются через 100 м, а при условиях сложного рельефа – 50 м. За 0 пикет принимают начало трассы, каждый 10 пикет является километровым столбом.

Для разбивки пикетажа на круговой кривой выполняют следующие действия:

1. Разбивают пикетаж до ВУ и определяют ПК вершины угла, (графически).
2. Рассчитывают $ПК\ НК = ПК\ ВУ - Т$.
3. Рассчитывают $ПК\ КК = ПК\ ВУ + Т - Д$ или $ПК\ КК = ПК\ НК + К$.
4. Восстанавливают на отрезки кривой между НК и КК необходимое число пикетов.

Следует обратить внимание, что разбивка пикетажа от НК до ВУ – вспомогательное построение.

От пикета конца кривой (ПК КК) откладывают расстояния до следующего пикета и продолжают дальнейшую разбивку пикетов через 100 м.

Фрагмент плана трассы представлен на рис. 3.5.

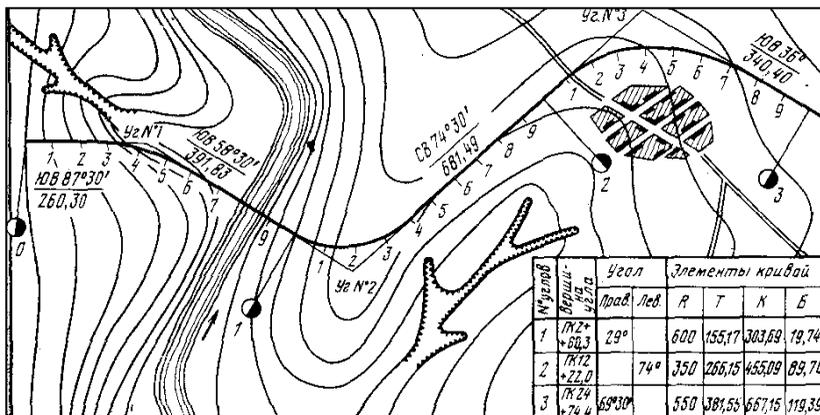


Рис. 3.5. Фрагмент плана трассы дороги

3.2. Трассирование дороги в плане

Трассирование – проектирование оси дороги на плановую основу в определенном масштабе.

Существует два принципа трассирования автомобильных дорог:

1. Тангенциальное трассирование.
2. «Принцип гибкой линейки».

Традиционный принцип трассирования – тангенциальный, состоит в том, что на план либо карту наносят с помощью линейки ломаный ход, в изломы которого вписывают круговые кривые или кривые с вспомогательными переходными (рис. 3.6, 3.7). Минимальные радиусы закруглений принимают не менее значений установленных для автомобильных дорог соответствующей категории [4, 5].

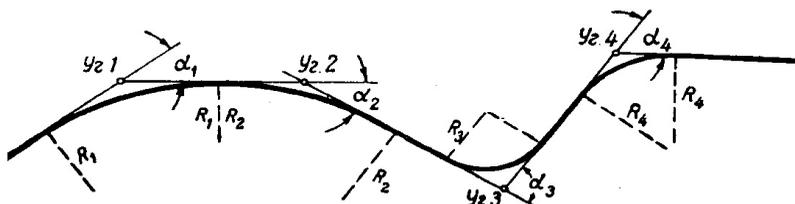


Рис. 3.6. Принцип тангенциального трассирования

Основная особенность принципа тангенциального трассирования состоит в том, что магистральный ход, укладываемый своеобразно рельефу и ситуации, во многом определяет положение самой трассы автомобильной дороги. Это приводит к появлению негибкой пространственной линии автомобильной дороги.

Трасса характеризуется наличием длинных прямых и коротких круговых кривых минимального радиуса, повышенным объемом земляных работ, аварийностью и т. д.

Принцип тангенциального трассирования используется только при проектировании дорог низких категорий и на участках трасс, когда положение углов поворота фиксировано ситуационными условиями.

Принцип «гибкой линейки» существенно отличается от принципа тангенциального трассирования. Суть его состоит в том, что на план или карту, сообразуясь с рельефом и ситуацией, вписывают плавную линию от руки, либо с помощью специальной гибкой линейки – «сплайна» (рис. 3.8).

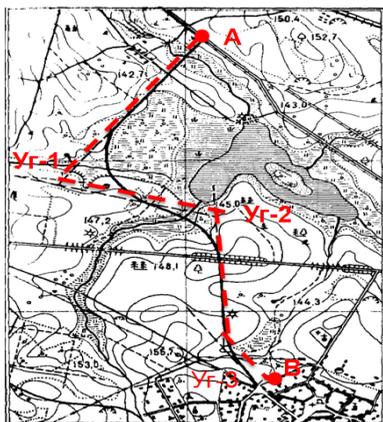


Рис. 3.7. Принцип тангенциального трассирования

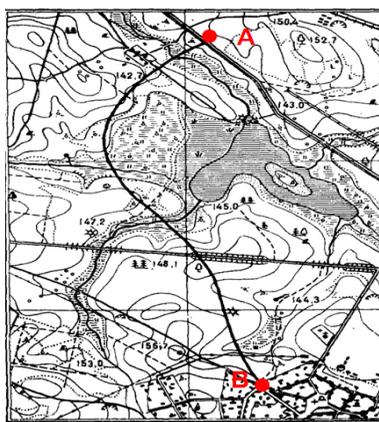


Рис. 3.8. Принцип «гибкой линейки» или «сплайна»

При данном принципе положение магистрального хода – углы поворота, положение их вершин, а также параметры закруглений определяются трассой автомобильной дороги, а не оборот, как при тангенциальном трассировании.

Во всех случаях при выборе направления трассы дороги необходимо соблюдать ряд требований:

- трассировать дорогу между грузооборотными пунктами по кратчайшему расстоянию с учетом промежуточных пунктов, любое отклонение от прямолинейного направления должно быть обосновано;

- избегать предельных продольных уклонов и минимальных радиусов круговых кривых, что ухудшает эксплуатационные показатели дорог;

- стремиться минимально занимать под дороги сельскохозяйственные земли, избегать сноса строений;

- не допускать затопления и подтопления прилегающих к дороге земель, путем создания подпоров стока вод;

- переходы через болота делать в наиболее узких местах;

- обходить овраги, карьеры и другие препятствия;

- переходы через речные долины предусматривать на прямых участках рек в наиболее узкой части поймы;

- внутрихозяйственные дороги размещать как составной элемент устройства севооборотов и других элементов сельхозпредприятия.

В зависимости от условий трассирования различают трассирование на равнинной, холмистой местности и мелиорированных землях.

Трассирование на равнинной местности – производится по прямым большой длины. Опорными пунктами служат населенные пункты, массивы севооборотов и другие элементы. Предельную длину прямых ограничивают 3–5 км. Трассу размещают в обход понижений, возвышенностей.

Трассирование на холмистой местности – характеризуется тем, что уклоны по трассе могут на отдельных участках превышать допустимые.

При пересечении холмов возможно два варианта: обход холма или пересечение его по прямой с устройством высоких насыпей и глубоких выемок. В первом случае удлиняется трасса, во втором увеличивается объем земляных работ. Выбор лучшего вариантов производят путем оценки технико-экономическим показателям.

Трассирование на мелиорированных землях характеризуется привязкой автомобильных дорог к элементам мелиоративных сетей (магистральным каналам).

На открытой оросительной сети дороги стремятся располагать вдоль каналов, а на закрытой – вдоль линии гидрантов.

Дороги, не совпадающие с направлением элементов мелиоративной сети, располагают вдоль границ земельных участков, полей, севооборотов или массивов земель. При этом стремятся прокладывать трассу на возвышенных местах с устойчивыми грунтами или с возможно меньшим слоем торфа.

В местах, где дороги должны пересечь каналы, постоянные и временные водотоки, устраивают дорожные трубы и мосты, причем таких размеров, чтобы обеспечивалось бесперебойное движение сельскохозяйственных машин и автотранспорта, а также не нарушалась нормальная работа пересекаемых водотоков.

Современные принципы автоматизации трассирования.

Наилучшую реализацию требований и рекомендаций при трассировании на цифровую модель местности обеспечивают специально разработанные в программном комплексе «CREDO» методы конструирования элементов трассы автомобильных дорог и построения самих трасс. Качественно новые методы трассирования на основе информационных технологий, в основном на цифровую модель местности (ЦММ).

Новые методы трассирования основаны на обработке существенно большего количества данных, чем при традиционных методах (принцип максимального использования данных).

При камеральном трассировании на ЦММ с сохранением той же атрибутики (отображение плана или карты на дисплее) к традиционным инструментам (линейка, карандаш, лекала, шаблоны и т. д.) добавляются совершенно новые, доступные только при использовании компьютерных технологий (принцип наилучшего использования компьютерных технологий).

Благодаря компьютерным возможностям обработки данных новые методики камерального трассирования в значительно большей степени оперируют геометрическими схемами, чем аналитическими представлениями о трассе как об уравнении со многими параметрами (принцип минимума аналитических методик и расчетов).

Трассирование на ЦММ – это трассирование динамически подвижными и наглядно отображаемыми геометрическими формами: прямыми, окружностями, переходными кривыми, сложными фрагментами трассы (принцип наглядности и интерактивности).

Программный продукт «CREDO» позволяет трассировать автомобильную дорогу в следующих стилях:

- «жесткая трасса», состоящая из длинных прямых, сопряженных круговыми кривыми зачастую предельного радиуса и короткими переходными кривыми. Круговая кривая и прямая в такой трассе – это основные элементы, а переходная кривая – дополнительные;
- «плавная трасса», состоящая из круговых кривых, сопряженных достаточно длинными переходными кривыми и прямыми вставками;
- «плавная трасса без прямых», состоящая из круговых и переходных кривых;
- «клотоидная трасса», состоящая почти исключительно из переходных кривых (рис. 3.9, 3.10).

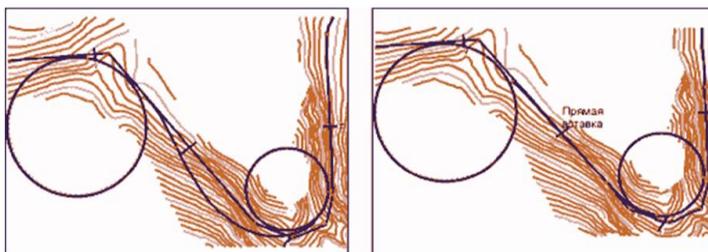


Рис. 3.9. Клотоидное трассирование

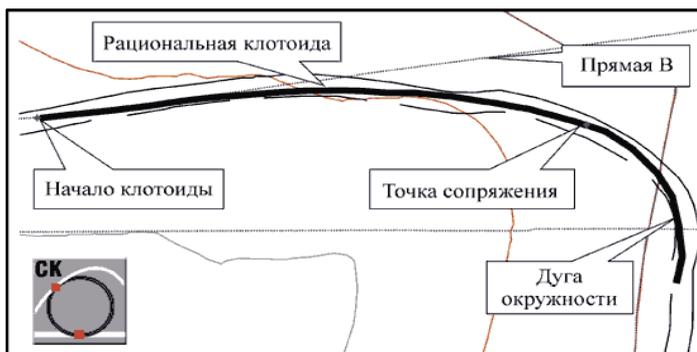


Рис. 3.10. Клотоидная трасса

Благодаря уникальному алгоритмическому и программному обеспечению геометрического проектирования, основанного на методах координатной геометрии, трассировать автомобильную дорогу в

«CREDO» можно в любом стиле. В мощном инструментарии методов конструирования трассы ведущее место занимают различные сопряжения базовых элементов – прямых, круговых и переходных кривых, а поскольку это важно именно для автомобильных дорог, значительная роль отводится переходным кривым.

3.3. Особенности движения автомобиля на закруглениях малого радиуса. Устройство виража

При переходе из прямолинейного участка дороги на кривую движение автомобиля усложняется, так как на него действуют две силы, приложенные к его центру тяжести: центробежная сила (C), направленная во внешнюю сторону закругления, и сила тяжести (G) (рис. 3.11).

Центробежная сила направлена перпендикулярно к направлению движения и стремится сдвинуть и опрокинуть автомобиль во внешнюю сторону кривой. Она усложняет условия управления автомобилем.

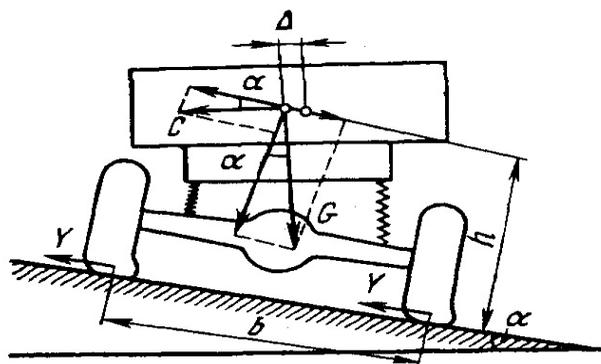


Рис. 3.11. Силы, действующие на автомобиль при движении на закруглении дороги:
 C – центробежная сила; G – сила тяжести

Центробежная сила прямо пропорциональна массе движущегося тела (m) и обратно пропорциональна ускорению свободного падения (g) и радиусу кривой R .

$$C = \frac{mV^2}{gR}, \quad (3.6)$$

где m – масса автомобиля, кг;

V – скорость движения, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с² (9,81);

R – радиус круговой кривой, м.

Из данной зависимости видно, что для уменьшения центробежной силы необходимо либо уменьшить скорость, либо увеличить радиус кривой (так как масса автомобиля остается неизменной).

Если по местным условиям увеличить радиус кривой нельзя, а скорость движения сохраняют такую как на прямолинейном участке дороги, то прибегают к соответствующему изменению поперечного уклона проезжей части дороги. На кривых малого радиуса для повышения устойчивости автомобиля устраивают односкатный профиль с уклоном в сторону центра кривой.

Радиус кривой, при котором обеспечивается устойчивое движение автомобиля, определяется по формуле:

$$R \geq \frac{V^2}{127(\mu \pm i)}, \quad (3.7)$$

где V – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы;

i – поперечный уклон проезжей части.

Коэффициент поперечной силы определяется из равенства:

$$\mu = 0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} V, \quad (3.8)$$

где V – то же, что и в формуле (3.7).

Из формулы видно, что при положительных уклонах (+ i) радиус будет меньше, поэтому проезжую часть надо устраивать на кривых с малым радиусом с уклоном к центру кривой.

Ви́раж – участок дороги с односкатным поперечным профилем и уклоном проезжей части в сторону центра кривой.

Ви́раж устраивают на всем протяжении круговой кривой (рис. 3.12). Переход от двускатного профиля к односкатному осуществляется на отгоне виража – переходной кривой.

Поперечные уклоны проезжей части на виражах принимаются в зависимости от расчетной скорости движения автомобиля и радиуса горизонтальной кривой.

На дорогах IV–V категорий виражи устраивают при радиусах горизонтальных кривых менее 2000 м. Поперечный уклон на виражах тем больше, чем меньше радиус кривой. При радиусе 2000–600 м – 20–40 %.



Рис. 3.12. Схема устройства закругления автомобильной дороги с виражом

При радиусах кривых в плане менее 2000 м предусматривают переходные кривые, благодаря переменным радиусам которых нарастание центробежной силы происходит плавно. Переходные кривые размещены на отгонах виража.

Изменение поперечного профиля автомобильной дороги на отгоне виража представлено на рис. 3.13.

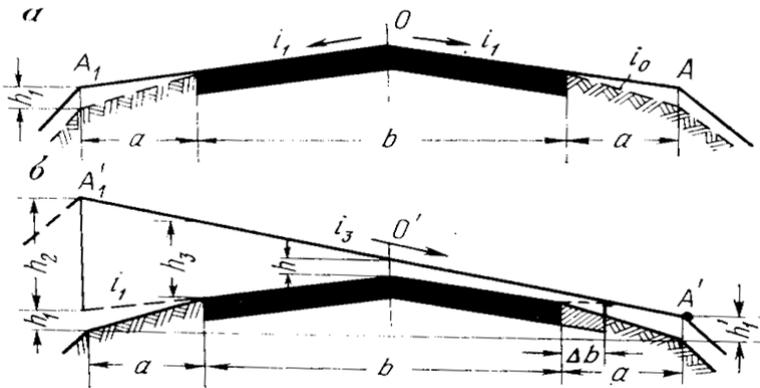


Рис. 3.13. Изменение поперечного профиля автомобильной дороги на отгоне виража

В населенных пунктах устройство виража не практикуется, а для безопасности движения ограничивается скорость движения.

Поскольку при движениях на поворотах автомобиль занимает более широкую полосу проезжей части, так как его передние колеса движутся по траектории большего радиуса, чем задние, для разъезда

встречного транспорта на круговых кривых с радиусом менее 1000 м делают уширение проезжей части. Его устраивают за счет внутренней обочины, и оно может изменяться от 0,4 до 3,5 м.

Ширина обочин с учетом уширения для дорог высоких категорий должна составлять не менее 1,5 м, для низких – 0,75 м.

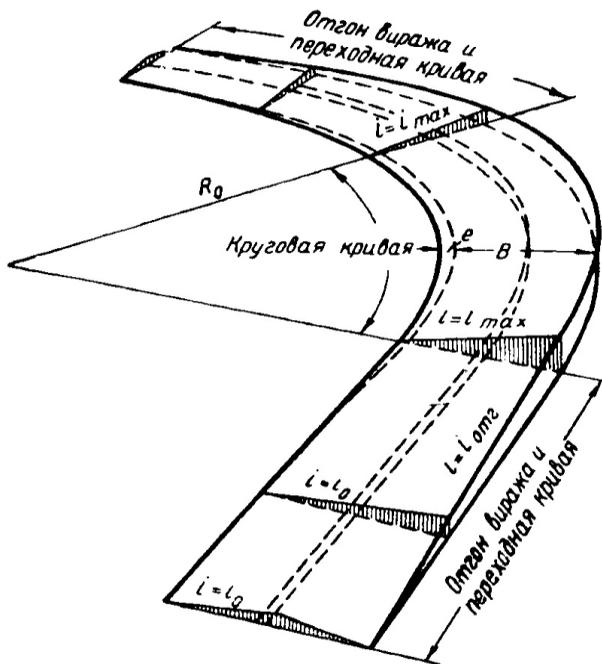


Рис. 3.14. Схема изменения поперечного профиля автомобильной дороги на отгоне виража

В горной местности трассу дороги проектируют в виде серпантин-нов.

Серпантин – это участки трассы, на которых резко (до 180°) изменяется ее направление с размещением кривых не внутри, а снаружи угла поворота.

Серпантины бывают симметричные относительно угла α и несимметричные. Серпантин состоит из набора кривых: основной, сопрягающей и обратных (рис. 3.15).

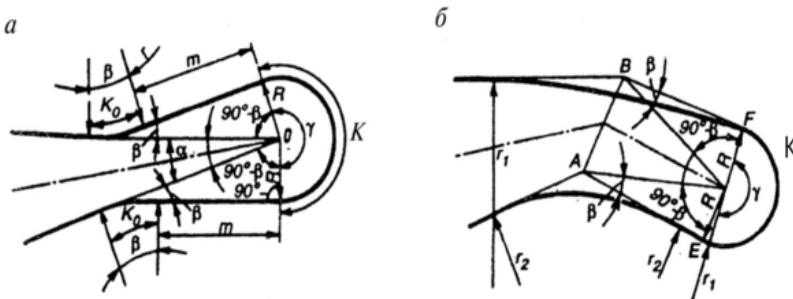


Рис. 3.15. Серпантин симметричный (а) и несимметричный (б)

Расстояние между серпантином должно быть не менее 400 м для дорог II и III категорий; 300 м – IV, и 200 м – V категории.

3.4. Пересечение и примыкание автомобильных дорог

Пересечения и примыкания автомобильных дорог следует проектировать, исходя из категорий пересекаемых дорог с учетом перспективной интенсивности и состава движения пот отдельным направлениям.

Пересечение и примыкание автомобильных дорог могут устраиваться как в одном, так и в разных уровнях. В одном уровне они проектируются на прямолинейных участках по возможности под прямым углом, но не менее 45° в виде простых Т-образных и Х-образных перекрестков, кольцевых пересечений (рис. 3.16).

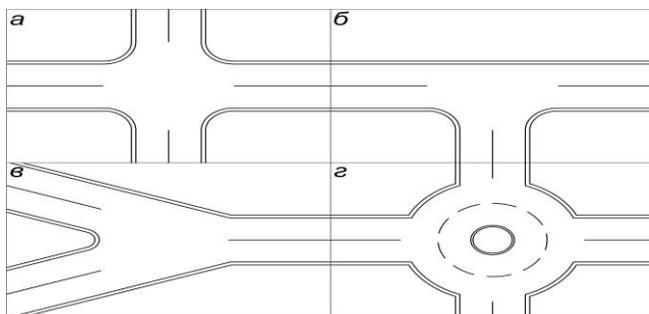


Рис. 3.16. Пересечение и примыкание автомобильных дорог в одном уровне: а – в виде Х-образного перекрестка; б – в виде Т-образного перекрестка; в – пересечение в виде организации кольцевого движения; г – слияние (разветвление) транспортных потоков

В разных уровнях располагают пересечения дорог высоких категорий, с высокой интенсивностью движения, при этом производят строительство дорогостоящих сооружений (рис. 3.17).

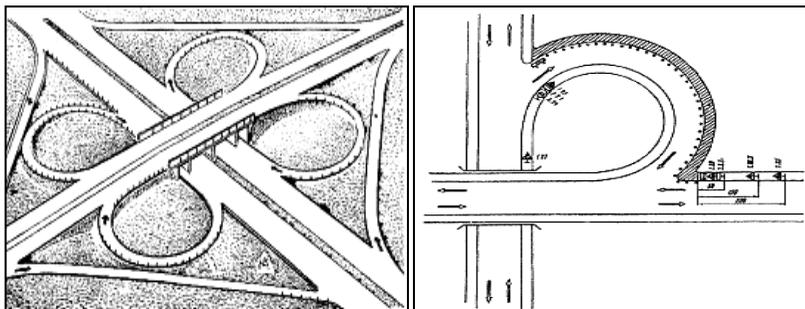


Рис. 3.17. Пересечение дорог в разных уровнях: *a* – развязка по типу «клеверного листа»; *б* – примыкание по типу «трубы»

Возможные схемы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях представлены на рис. 3.18.

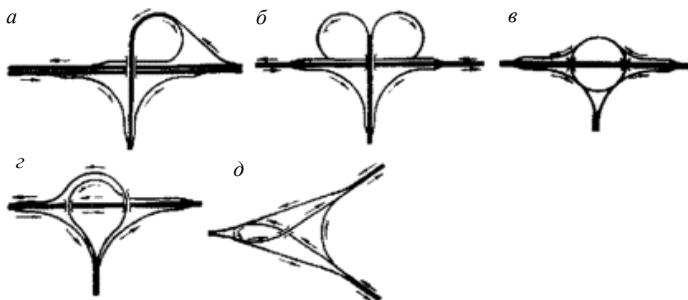


Рис. 3.18. Пересечение дорог в разных уровнях: *a* – примыкание по типу «трубы»; *б* – листовидный тип; *в* – кольцевой тип; *г* – грушевидный тип; *д* – разветвление по типу треугольника

В зависимости от категорий пересекающихся дорог, интенсивности движения на них, интенсивности поворачивающих потоков пересечения и примыкания подразделяются на простые, канализированные и кольцевые.

У простых примыканий и пересечений закруглениями сопрягаются непосредственно проезжие части главной и второстепенной дорог. В зависимости от интенсивности правоповоротного и левоповоротного движения канализированные примыкания и пересечения должны иметь переходно-скоростные полосы торможения и (или) разгона для съезда с главной дороги и въезда на нее, накопительные полосы на главной дороге, размещаемые между встречными полосами для транзитного движения, служащие для замедления и ожидания при выполнении левого поворота, и направляющие островки на второстепенной дороге перед примыканием к главной.

Накопительные полосы для выполнения левого поворота следует предусматривать:

- на дорогах категории I-в – на всех примыканиях и пересечениях автомобильных дорог общего пользования, на примыканиях и пересечениях автомобильных дорог необщего пользования (кроме дорог, предназначенных только для периодического обслуживания объектов), перед съездами к площадкам отдыха и объектам придорожного сервиса и прочими съездами;

- на дорогах категории II – на пересечениях и примыканиях дорог категорий II–V, других дорог с расчетной интенсивностью движения более 100 ед/сут, перед съездами к площадкам отдыха и объектам придорожного сервиса;

- на дорогах категории III – на примыканиях и пересечениях дорог категорий III и IV, других дорог с расчетной интенсивностью движения более 250 ед/сут, перед съездами к площадкам отдыха и объектам придорожного сервиса;

- на дорогах категории IV с расчетной интенсивностью движения более 1000 ед/сут – на примыканиях и пересечениях дорог категории IV, перед съездами к площадкам отдыха и объектам придорожного сервиса.

На пересечениях накопительные полосы следует устраивать для обоих левых поворотов. В прочих случаях следует проектировать протые пересечения.

При организации пересечений и примыканий необходимо руководствоваться следующими требованиями [4]:

- при возведении дорог пересечения и примыкания в плане следует располагать на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м на дорогах категорий I-a–II и с радиусами не менее 800 м на дорогах категорий III и IV;

- продольные уклоны дорог на подходах к пересечениям и примыканиям на протяжении расстояний видимости для остановки автомобилей, а также съездов на автомобильные дороги необщего пользования, полевые, лесные дороги, подъезды к отдельным усадьбам в пределах радиусов сопряжений не должны превышать 40 %;

- количество пересечений, примыканий и въездов на дороги категорий I-a–IV должно быть как можно меньшим. Пересечения и примыкания автомобильных дорог общего и необщего пользования необходимо устраивать не чаще чем: через 2 км – на дорогах категории I-в; через 1 км – на дорогах категорий II и III и 0,5 км – на дорогах категории IV;

- на дорогах категорий I-в–II не допускается устройство съездов на полевые, лесные дороги, к отдельным усадьбам или сельскохозяйственным предприятиям, сезонных съездов на сельскохозяйственные земли при возможности доступа к этим объектам с других автомобильных дорог общего пользования.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне организуются в следующих случаях:

- простые пересечения и примыкания в одном уровне следует проектировать при суммарной перспективной интенсивности движения менее 2000 прив. ед/сут;

- пересечение и примыкание дорог в одном уровне независимо от схемы пересечений рекомендуется выполнять под прямым или близким к нему углом. В случае, когда транспортные потоки не пересекаются, а сливаются или разветвляются, допускается устраивать пересечение под любым углом с учетом обеспечения видимости;

- на дорогах категорий I-a–I-в разрешается устройство примыканий в одном уровне с организацией только правоповоротного движения. При отсутствии такой возможности указанные съезды следует объединять, обеспечивая доступ к нескольким объектам. Примыкание таких съездов к дороге категории I-в необходимо предусматривать с выполнением только правых поворотов. Поворот налево или пересечение с главной дорогой в этом случае следует предусматривать на ближайших оборудованных пересечениях. Если расстояние до них превышает 2 км, следует предусматривать устройство дополнительного пересечения (примыкания) в разных уровнях или отнесенных левых поворотов в специальных разрывах разделительной полосы;

- кольцевые пересечения в одном уровне необходимо устраивать при пересечении и примыкании дорог категорий I-в–V при суммарной

расчетной интенсивности движения на подходах к кольцу от 150 до 25 000 приведенных ед/сут. При этом интенсивность движения со стороны второстепенной(ых) дороги (дорог) должна составлять не менее 10 % от суммарной, а количество автомобилей, совершающих левый поворот, – не менее 40 % суммарной интенсивности движения на пересекающихся дорогах;

- при стадийном строительстве пересечения и примыкания второстепенных дорог с расчетной интенсивностью движения, не превышающей 1000 ед/сут, разрешается устраивать в одном уровне в случае, если интенсивность движения по главной дороге для первой стадии строительства не превышает 10 000 ед/сут;

Кольцевые пересечения в одном уровне следует устраивать:

- при пересечении двух и более дорог;
- при изменении направления главной дороги;
- для упорядочения скоростного режима (перед населенными пунктами или в их пределах);
- в случаях, когда размеры движения на пересекающихся дорогах одинаковы или отличаются более чем на 20 %;
- схемы развязки движения на пересечениях и примыканиях в одном уровне с островками и зонами безопасности следует принимать при суммарной перспективной интенсивности движения от 2000 до 8000 прив. ед/сут.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог в разных уровнях организуются в следующих случаях:

- на дорогах категорий I-а, I-б – с автомобильными дорогами всех категорий;
- на дорогах категории I-в – с автомобильными дорогами всех категорий;
- на дорогах категорий II и III – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12 000 прив. ед/сут.

Соседние транспортные развязки не должны оказывать совместное воздействие на режимы транзитного движения по участку дороги, расположенному между ними, а также взаимно влиять на режимы въезда на дорогу и съезда с нее. Расстояние между концом отгона переходно-скоростной полосы разгона и началом отгона переходно-скоростной полосы торможения соседних развязок должно быть не менее 2 км, а на автомагистралях – не менее 3 км. В стесненных условиях, а также для двухполосных дорог, не имеющих перспективы развития, это рас-

стояние должно быть не менее 600 м. Транспортные развязки следует проектировать без пересечений потоков на главных дорогах.

При последовательном расположении с одной стороны дороги нескольких объектов сервиса, для исключения их взаимного влияния на режимы въезда и выезда, минимальное расстояние между концом отгона полосы разгона и началом отгона следующей полосы торможения должно быть не менее 100 м. В противном случае въезды и выезды следует объединять местным проездом.

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами (рис. 3.19) надлежит проектировать:

- как правило, вне пределов станций и путей маневрового движения преимущественно на прямых участках пересекающихся дорог;

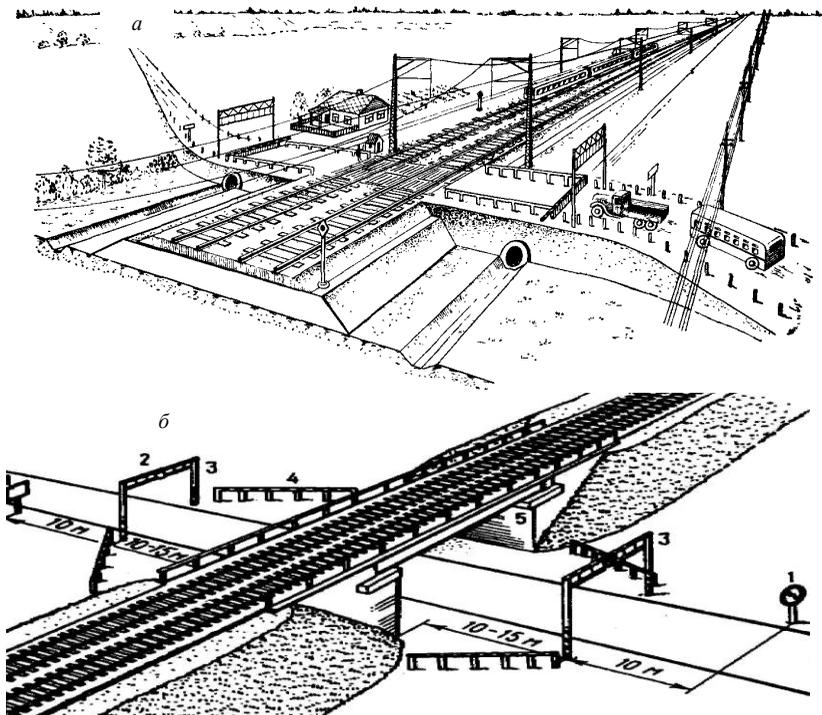


Рис. 3.19. Пересечение автомобильных дорог с железными дорогами:
a – в одном уровне; *b* – в разных уровнях

- острый угол между пересекающимися дорогами в одном уровне не должен быть менее 60° ;

- пересечение автомобильных дорог I–III категорий с железными дорогами в разных уровнях;

- пересечение автомобильных дорог IV и V категорий с железными в разных уровнях в следующих случаях:

а) при пересечении трех и более главных железнодорожных путей, или когда пересечение располагается на участках железных дорог со скоростным (свыше 120 км/ч) движением, или при интенсивности движения более 100 поездов в сутки;

б) при проложении пересекаемых железных дорог в выемках, а также, когда не обеспечена достаточная видимость (менее 1000 м).

Такие условия и требования необходимо учитывать при устройстве пересечений и примыканий автомобильных дорог.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под планом трассы?
2. Назовите элементы горизонтальной кривой?
3. Приведите последовательность вписания горизонтальной кривой?
4. Понятие, принципы и требования трассирования дороги в плане?
5. Современные принципы автоматизации трассирования?
6. Особенности движения автомобиля на закруглениях малого радиуса?
7. Устройство виража?
8. Пересечение и примыкание автомобильных дорог на одном уровне: в каких случаях и как обустраивается?
9. Пересечение и примыкание автомобильных дорог в разных уровнях: в каких случаях и как обустраивается?
10. Принципы проектирования пересечений автомобильных дорог с железными дорогами?

4. ДОРОГА В ПОПЕРЕЧНОМ ПРОФИЛЕ

4.1. Элементы поперечного профиля дороги.

4.2. Полоса отвода.

4.3. Дорога в нулевых отметках, насыпи, выемки и типовые поперечные профили дороги.

4.1. Элементы поперечного профиля дороги

Поперечным профилем дороги называют изображение на чертеже сечения дороги вертикальной плоскостью перпендикулярной ее продольной оси (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Поперечный профиль автомобильной дороги и насыпи до 0,5 м:
1 – земляное полотно; 2 – обочина; 3 – проезжая часть; 4 – дорожная одежда;
5 – бровка земляного полотна насыпи; 6 – откос насыпи; 7 – кювет; 8 – обреза;
9 – ось проезжей части; 10 – кромка проезжей части; 11 – высота насыпи (h);
УЗП – уровень земной поверхности

Проезжую часть располагают на земляном полотне, которое сооружают для обеспечения ее устойчивости, сглаживания неровностей рельефа и отвода от дороги поверхностных вод. Обычно земляное полотно устраивают в виде невысокой насыпи из уплотненного грунта. Если на трассе встречаются возвышения местности, их срезают и в этом случае земляное полотно располагается в выемке. Когда бровка земляного полотна находится на уровне земной поверхности, дорога проходит в нулевых отметках (точках нулевых работ).

Ширина земляного полотна равна расстоянию между его бровками и установлена техническими условиями для дороги III категории она составляет 12 м, IV – 10, V – 8 м. На земляном полотне размещаются проезжая часть и обочины.

Проезжая часть – центральная часть земляного полотна, представляет собой полосу на поверхности дороги, по которой непосредственно движется транспорт. Проезжую часть обычно укрепляют различными каменными и другими материалами, устраивая дорожную одежду, верхний слой которой называется покрытием.

Дорожная одежда воспринимает усилия от колес автомобиля и передает их на земляное полотно. От ее качества зависят условия движения транспорта, поэтому она должна быть прочной и долговечной, а покрытие – ровным и шероховатым.

С обеих сторон к проезжей части примыкают обочины. Это, как правило, неукрепленные грунтовые полосы поверхности земляного полотна. Они создают боковой упор для дорожной одежды, служат местом временной остановки транспорта и используются для складирования материалов во время ремонта дороги. Обочины служат также для объездов, обгонов и разъездов встречных автомобилей при узкой (однопольной) проезжей части. При серповидном профиле дорожные одежды обочины также укрепляют на полную ширину.

Однополосными делают дороги V категории, для которых характерна малая интенсивность движения. За счет обочин уширяют проезжую часть на закруглениях с малыми радиусами. Линии сопряжения обочин с проезжей частью называют кромками проезжей части. Следовательно, ширина проезжей части – это расстояние между ее кромками. Ширина проезжей части зависит от состава и интенсивности движения и равна для дороги III категории – 7 м, IV – 6, V – 4,5 м.

Боковые поверхности земляного полотна (насыпей, выемок, кюветов и др.) выполняют в виде наклонных плоскостей – откосов. Различают внутренние и наружные откосы.

Крутизна откоса зависит от качества грунта, высоты насыпи или глубины выемки, а также эксплуатационных требований, предъявляемых к дороге. Обозначают крутизну как отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции – заложению (рис. 4.2). Например, цифры 1:1,5 означают, что горизонтальное заложение откоса в 1,5 раза больше его высоты.

$$i = \frac{h}{S} = 1:1,5, \quad (4.1)$$

$$H : S = 1 : 1,5. \quad (4.2)$$

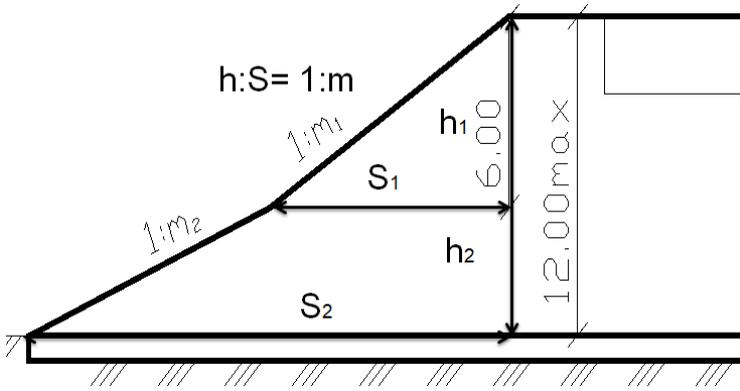


Рис. 4.2. Заложение откоса земляного полотна

Устойчивость откоса обеспечивается путем придания ему соответствующей крутизны. Более устойчивы пологие откосы, которые удобны для механизации земляных работ и менее опасны при случайном съезде автомобиля с насыпи.

Высота откоса или крутизна его заложения зависит от ряда факторов: природно-климатических условий, рельефа, места прохождения трассы, грунтов, наличия строительных материалов и др.

В обычных суглинистых и супесчаных грунтах чаще всего применяют полукторные откосы (1:1,5). При сооружении невысоких насыпей (до 1 м) откосы могут быть более пологими (до 1:3 и менее), что для сельскохозяйственных дорог имеет большое значение, так как делает возможным съезд с дороги практически в любом месте. Для дорог высоких категорий (I–III) можно принимать откосы 1:3–1:4 при высоте насыпи до 2 м. Однако пологие откосы увеличивают объем земляных работ, поэтому высокие насыпи и глубокие выемки (от 1 до 6–8 м) обычно устраивают с полукторными откосами. В каменистых грунтах откосы могут быть круче – до 1:0,2, а в скальных – от 1:0,1 и даже до вертикальных.

Линия сопряжения поверхностей откоса и обочины называется бровкой земляного полотна. Если бровка располагается выше поверхности земли, считается, что дорога проходит в насыпи, если ниже – в выемке.

Расстоянием между бровками измеряется ширина земляного полотна, которая складывается из ширины проезжей части и двух обочин. При наличии в составе движения гусеничных машин, чтобы избежать дорожную одежду от разрушения гусеницами, проезжую часть могут располагать на земляном полотне асимметрично, уширя одну из обочин до 3–4 м. В этом случае гусеничные машины движутся по уширенной обочине.

Для ускоренного стекания воды с поверхности дороги и защиты тем самым грунта полотна от переувлажнения проезжую часть всегда устраивают выпуклой, т. е. с поперечными уклонами.

Выпуклый, или двускатный профиль, проектируют на прямолинейных участках, а односкатный – на кривых участках малого радиуса, в виражах (рис. 4.3).

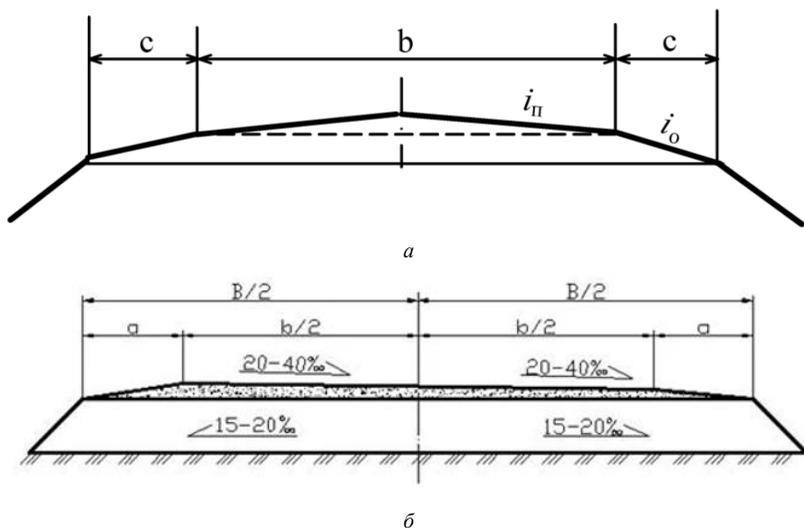


Рис. 4.3. Поперечные профили земляного полотна автомобильной дороги:
 a – двускатный; b – односкатный

Средний поперечный уклон равен отношению стрелы выпуклости f проезжей части, т. е. отношению превышения осевой точки над краемками к половине ширины проезжей части $b : 2$. Он обозначается буквой i и выражается десятичной дробью или в промиллях ($\%$)

$i = f / (b : 2) = 2f / b$. При односкатном профиле и ширине проезжей части b поперечный уклон $i = f / b$.

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L}. \quad (4.3)$$

Так как поперечные уклоны создают некоторые неудобства для движения автомобилей (возможно смещение в сторону уклона, занос при обледенелом или загрязненном покрытии), то они должны быть минимальными по условиям водоотвода.

При двускатном профиле поперечные уклоны устраивают в пределах 20–40 ‰ в зависимости от типа покрытия. Более ровные покрытия – асфальто- и цементобетонные, а также укрепленные органическими и неорганическими вяжущими на двухполосных дорогах следует принимать с уклонами от 20 ‰ до 25 ‰, на многополосных – 25 ‰; для гравийных, щебеночных покрытий и для мостовых поперечные уклоны задают – от 30 ‰ до 40 ‰.

Поперечный уклон укрепленной полосы (остановочной полосы) обочины следует принимать равным уклону проезжей части. Поперечный уклон оставшейся части обочины и обочин с гравийным, щебеночным покрытием следует принимать на 10–20 ‰ больше поперечно уклона проезжей части.

Уклон внешней обочины в пределах участка с виражом следует принимать равным уклону виража, уклон внутренней обочины – равным уклону на прилегающем прямом участке.

Виражи на многополосных дорогах с разделительными полосами следует проектировать раздельно для проезжих частей разных направлений, предусматривая мероприятия по водоотводу с разделительной полосы.

В случае если расстояние между виражами двух смежных закруглений, направленных в одну сторону, меньше расстояния, проходимого автомобилем с расчетной скоростью за 5 секунд, на всем протяжении между ними следует предусматривать односкатный профиль с соответствующими уклонами.

На кривых в плане с радиусами 1000 м и менее необходимо предусматривать уширение проезжей части. Величину полного уширения на закруглениях дорог с двумя полосами движения следует принимать в зависимости от радиуса кривых в соответствии с табл. 4.1.

Таблица 4.1. Уширение проезжей части дорог с двумя полосами движения [4, 5]

Радиусы кривых в плане, м	Величина уширения, м, при наличии в составе движения автомобилей и автопоездов с расстоянием от переднего бампера до задней оси, м			
	до 11	от 11 до 13	от 13 до 15	от 15 до 18
1000	–	–	–	0,4
850	–	0,4	0,4	0,5
650	0,4	0,5	0,5	0,7
575	0,5	0,6	0,6	0,8
425	0,5	0,7	0,7	0,9
325	0,6	0,8	0,9	1,1
225	0,8	1,0	1,0	1,5
140	0,9	1,4	1,5	2,2
95	1,1	1,8	2,0	3,0
80	1,2	2,0	2,3	3,0
70	1,3	2,2	2,5	–
60	1,4	2,8	3,0	–
50	1,5	3,0	3,5	–
40	1,8	3,5	–	–
30	2,2	–	–	–

Примечание. В случае, когда радиус кривой в плане отличается от приведенного в табл. 4.1, величину полного уширения проезжей части следует устанавливать по ближайшему меньшему табличному значению радиуса.

Уширение производят с внутренней стороны закругления, ширина обочины при этом должна быть не менее 1 м. Отгон уширения следует выполнять в пределах переходной кривой.

В зависимости от рельефа местности земляное полотно может иметь форму насыпи или выемки (рис. 4.4).

На болотах, заболоченных и переувлажненных местах, на подходах к незатопляемым мостам, на пересечении оврагов, лощин и других понижений, а также для уменьшения продольных уклонов сооружают дорогу в насыпи.

Дорогу в выемке устраивают обычно для уменьшения продольных уклонов и в случае пересечения возвышенной местности, если уклон по трассе превышает допускаемый.

Для отвода воды, стекающей во время дождя и таяния снега с поверхности дороги и прилегающей к ней местности, устраивают боковые канавы – кюветы. Их сооружают если дорога проходит в выемке, в нулевых отметках, а также в невысокой (до 0,5 м) насыпи. Кюветы могут быть треугольного и трапецеидального поперечного сечения (рис. 4.5, а, б).

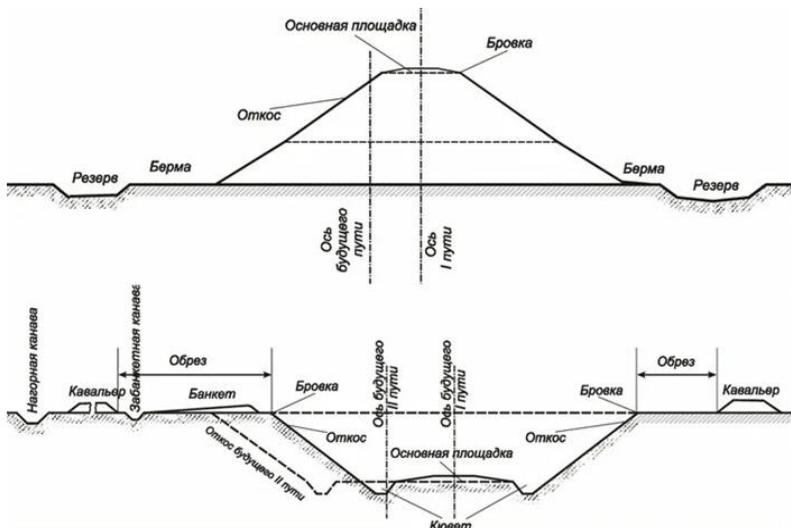


Рис. 4.4. Поперечный профиль автомобильной дороги: а – в насыпи; б – в выемке

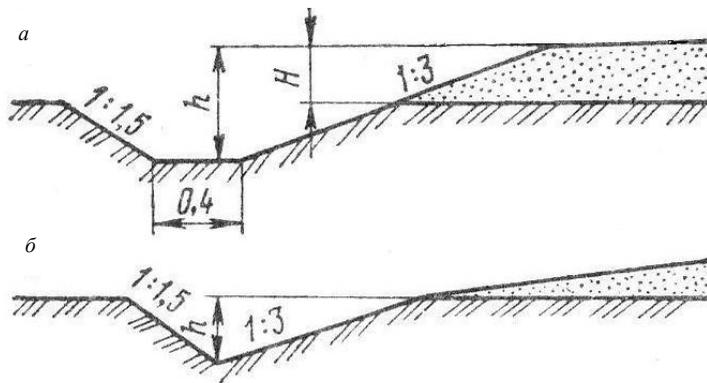


Рис. 4.5. Поперечное сечение кюветов: а – трапециевидное; б – треугольное

Глубину кюветов, считая от поверхности земли, принимают в пределах 0,3–1,5 м. Ширина трапециевидных кюветов по дну 0,4–0,5 м.

Если на возведение насыпи не хватает грунта из боковых канав, кюветы уширяют и углубляют. Уширенные по дну кюветы называют кювет-резервами, или просто резервами (рис. 4.6).

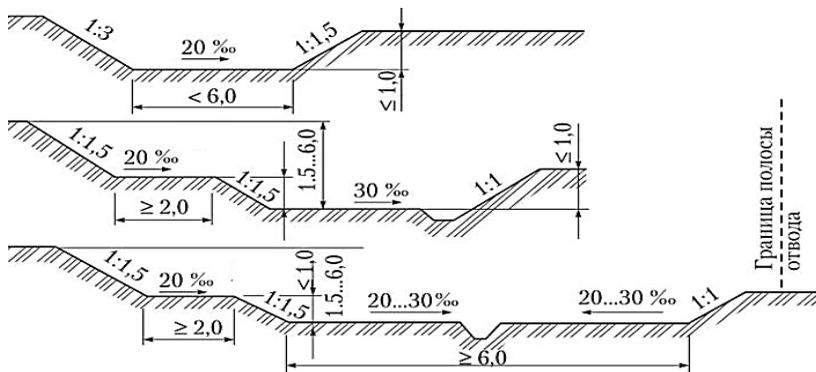


Рис. 4.6. Поперечное сечение кювет-резервов

Поперечные профили автомобильной дороги в насыпи представлены на рис. 4.7.

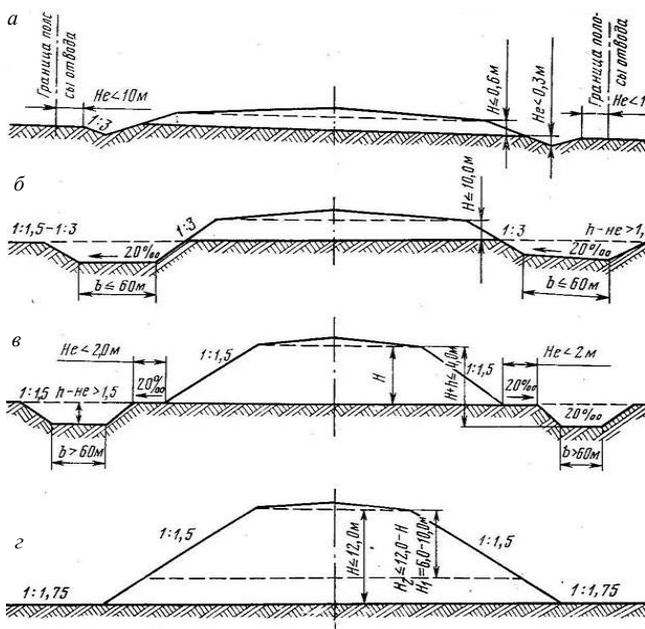


Рис. 4.7. Поперечные профили дороги в насыпи: а – с треугольными кюветами; б – с кюветами-резервами; в – с трапециевидными кюветами; г – без кюветов

Резервы, как правило, устраивают не глубже 1,5 м, считая от поверхности земли. При близком стоянии грунтовых вод проектируют резервы глубиной до 1 м. Наружные откосы резервов обычно делают не круче 1:6 с целью рекультивации придорожной полосы и использования ее для выращивания сельскохозяйственных культур.

Ширина и глубина резерва определяется количеством грунта, необходимого для возведения насыпи требуемых размеров. Дно его выполняют в виде наклонной плоскости с поперечным уклоном до 20 % от дороги, а для отвода воды у подошвы наружного откоса предусматривают неглубокую канаву. При ширине резерва (по дну) более 6 м его дно устраивают с двускатным поперечным профилем и с водоотводной канавой посередине. Если дорога проходит по косогору, резервы делают только с нагорной стороны. В этом случае они служат также для перехвата и отвода воды, стекающей к дороге со склонов.

Если надобности в резервах нет, то воду со склонов перехватывают и отводят в ближайшие понижения нагорными канавами. Их располагают не ближе 5 м от бровки внешнего откоса выемки или кювета. Откосы канав делают полуторными, а размеры – по гидравлическому расчету (в зависимости от расчетного расхода воды в них).

Если дорога проходит по ценным землям, земляное полотно возводят из привозных грунтов. В этом случае кюветы и резервы с целью экономии земель не устраивают. Не возникает в них необходимость и при строительстве дороги на песчаных и гравийных грунтах.

При высоте насыпи более 1,5 м между подошвами откосов насыпи и внутренними бровками резервов устраивают бермы – полосы земли шириной не менее 2 м с поперечным уклоном 20 % в сторону резерва для обеспечения стока воды. Бермы повышают устойчивость насыпей, а в период строительства и ремонта дороги их можно использовать для проезда машин.

Обычно грунт для выемок идет на строительство насыпей (продольное перемещение), засыпки понижений, оврагов, уполаживания откосов. Излишек грунта иногда располагают вдоль выемок в виде кавальеров – отвалов со спланированными под откос поверхностями. На ровной местности при сухих грунтах кавальеры размещают с обеих сторон дороги не ближе 3 м от выемки, а при мокрых – на расстоянии, равном глубине выемки плюс 5 м.

Поперечные профили автомобильной дороги в выемке и её элементы представлены на рис. 4.8.

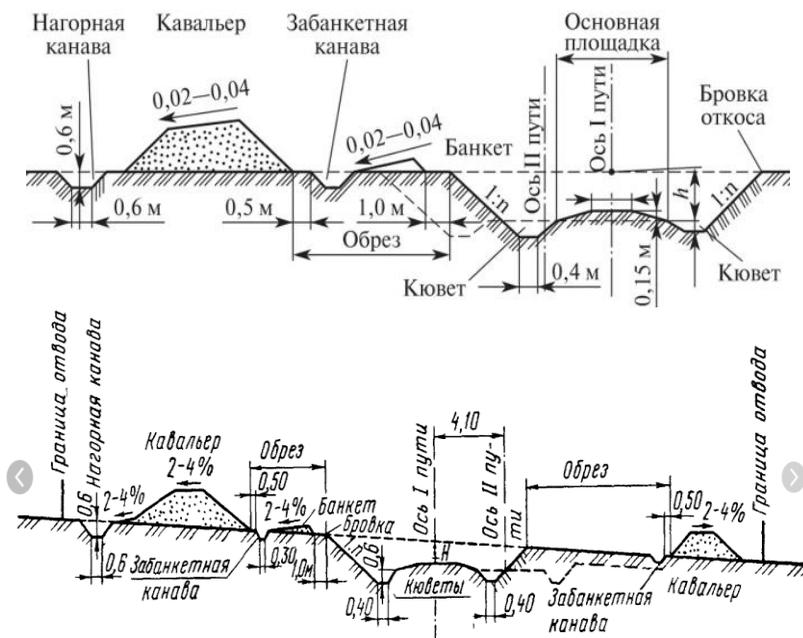


Рис. 4.8. Поперечные профили автомобильной дороги и ее элементы

В снеготранспортируемых местах кавальеры являются элементом снегозащиты, для чего их удаляют от дороги на 20 м и более. Если дорога проходит по косогору, кавальеры располагают с нагорной стороны для перехвата воды. Когда уклон более 2‰, кавальер, чтобы избежать оползания откоса и для удобства перемещения грунта, располагают с низовой стороны выемки, а воду перехватывают нагорной канавой. Высота кавальеров не должна превышать 3 м.

Устройство резервов и кавальеров оправдано с точки зрения удобства строительства земляного полотна и снижения затрат, но ведет к потере больших земляных площадей, поэтому закладывать их следует только в необходимых случаях.

С обеих сторон дороги, между бровкой наружного откоса кювета и границей полосы отвода, предусматривают обрезы, которые могут использоваться для движения сельскохозяйственной и строительной техники, а также гужевого транспорта, размещения придорожных объектов, водоотводных сооружений, кавальеров, снегозащитных и декора-

тивных древонасаждений. Ширина обреза внутрихозяйственной автомобильной дороги должна быть не менее 1 м.

Все элементы дороги в поперечном профиле размещают в границах полосы отвода.

4.2. Полоса отвода

Полоса местности, выделяемая для расположения на ней автомобильной дороги и её элементов, строительства вспомогательных сооружений и посадки придорожных зеленых насаждений, называется полосой отвода, которая включает земельные участки (рис. 4.9). Земельные участки изымаются из ведения тех землепользователей, за которыми были закреплены до постройки дороги и передаются в распоряжение дорожных организаций.

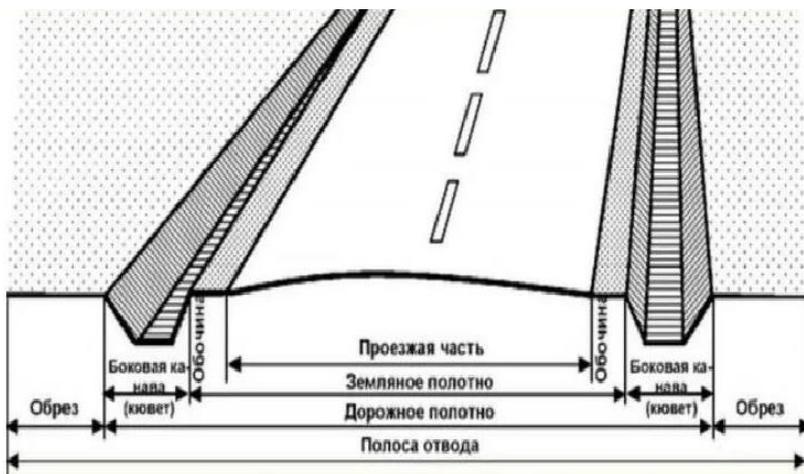


Рис. 4.9. Полоса отвода автомобильной дороги

В связи с высокой народнохозяйственной ценностью земель, пригодных для сельскохозяйственного использования и лесного хозяйства, согласно нормам отвода земель для автомобильных дорог ширину полосы отвода ограничивают фактическими границами земляного полотна, увеличенными с каждой стороны на 1 м [4].

В случае отвода земельных участков на орошаемых или осушенных землях, землях, занятых древесно-кустарниковой растительностью, а также пахотных землях не разрешается устраивать боковые резервы и кавальеры.

В случаях, когда невозможно заложить в стороне от дороги грунто-вые карьеры для отсыпки насыпи, в порядке исключения отводят во временное пользование земельные участки (полосу – временный отвод) для закладки неглубоких резервов с тем, чтобы при строительстве дороги был сохранен плодородный гумусовый слой. После отсыпки насыпи резерв должен быть выровнен, покрыт растительным грунтом и приведен в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве (рис. 4.10).

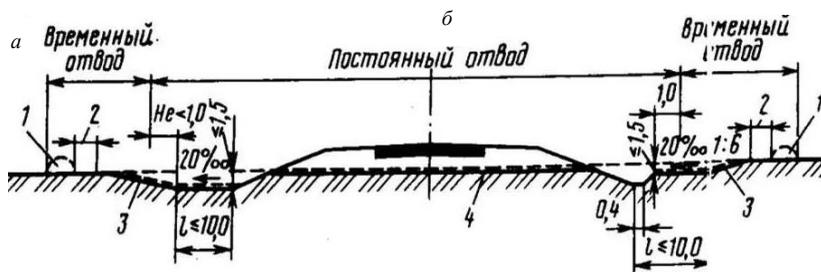


Рис. 4.10. Постоянный (б) и временный (а) отводы под автомобильную дорогу:
 1 – слой растительного грунта, удаляемый перед возведением насыпи; 2 – расстояние, обеспечивающее нормальную работу землеройных машин; 3 – кювет-резерв; 4 – земляное полотно

Дополнительные площади, необходимые для устройства нагорных канав, спрямления русел под мостами, срезок для обеспечения видимости, посадки декоративных насаждений, сооружений водоотвода, пересечений дорог, стоянок для автомобилей и площадок отдыха, зданий обслуживания движения и других дорожных сооружений, отводятся на основе детального обоснования потребности в них в проектах.

При современных методах механизированного строительства дорог нельзя обеспечить выполнение работ, ограничиваясь шириной самой дорожной полосы. Необходимы места для размещения удаленного растительного грунта, устройства временных дорог для перевозки материалов во время строительства, объездов во время перестройки дороги и т. д. Для этой цели в распоряжение строителей временно отводят дополнительные земельные участки, которые по окончании работ

должны быть возвращены прежним землепользователям в состоянии, пригодном для сельскохозяйственных работ (табл. 4.2).

Таблица 4.2. **Площадь полосы отвода под автомобильную дорогу**

Категория дороги	Число полос движения	Общая площадь полосы отвода, га/км, на землях			
		сельскохозяйственного назначения		не пригодных для сельского хозяйства	
		Постоянный отвод	Временный отвод	Постоянный отвод	Временный отвод
Iа и Iб	8	6,3	1,8	7,4	2,3
	6	5,5	1,7	6,4	2,2
	4	4,7	1,6	5,5	2,1
II	2	3,1	1,4	3,9	2,0
III	2	2,8	1,3	3,6	2,0
IV	2	2,6	1,3	3,5	2,0
V	2	2,6	1,2	3,3	2,0

В табл. 4.2 приведены осредненные площади отвода земель для строительства автомобильной дороги на 1 км ее протяженности.

Таким образом, средняя ширина полосы отвода в зависимости от категории дороги колеблется от 63 до 24 м на землях сельскохозяйственного назначения и от 74 до 33 м – на землях, не пригодных для сельского хозяйства.

4.3. Дорога в нулевых отметках, насыпи, выемки и типовые поперечные профили дороги

При проектировании земляного полотна применяют типовые или индивидуальные решения.

Для облегчения выбора рациональных форм поперечного сечения земляного полотна дороги на основе научных исследований, а также опыта строительства и эксплуатации дорог разработаны типовые поперечные профили для разных условий.

Места, где поверхность дороги в результате срезки грунта расположена ниже поверхности земли, называют выемками, участки, где дорога проходит выше поверхности земли, по искусственно насыпанному грунту – насыпями.

Если бровка земляного полотна трассы располагается на одном уровне с поверхностью земли, то говорят, что дорога проходит в точках нулевых работ.

Насыпи в зависимости от своей высоты делятся на:

- низкие до 0,6 м, возводятся из грунта кюветов и боковых канав;
- средние 0,6–1,5 м;
- высокие 1,5–12 м;
- очень высокие более 12 м.

Типовой поперечный профиль дороги в насыпи высотой до 0,5 м с трапециевидными кюветами в недренирующих грунтах (глинистых, суглинистых, пылеватых) при высоком стоянии грунтовых вод представлен на рис. 4.11.



Рис. 4.11. Поперечный профиль в насыпи до 0,5 м: 1 – земляное полотно; 2 – обочина; 3 – проезжая часть; 4 – дорожная одежда; 5 – бровка земляного полотна насыпи; 6 – откос насыпи; 7 – кювет; 8 – обрез; 9 – ось проезжей части; 10 – кромка проезжей части; 11 – высота насыпи (h)

Бермы устраивают при разности отметок бровки земляного полотна и дна резерва >4 м, а также на поймах рек. Ширина бермы должна быть не менее 2 м. Для того, чтобы полотно в выемке до 2 м не заносилось снегом, его устраивают раскрытым.

Типы поперечных профилей земляного полотна в насыпи представлены на рис. 4.12.

Насыпи следует проектировать с учетом несущей способности основания. Наибольшую крутизну откосов насыпей, укрепленных посевом трав, назначают в соответствии с табл. 4.2.

В целях обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях крутизну откосов насыпи высотой до 3 м для дорог категории I-а следует предусматривать 1:4, для дорог категорий I-б–II – 1:3. Для дорог категорий III и IV крутизну откосов 1:3 следует предусматривать при высоте насыпи до 2 м.

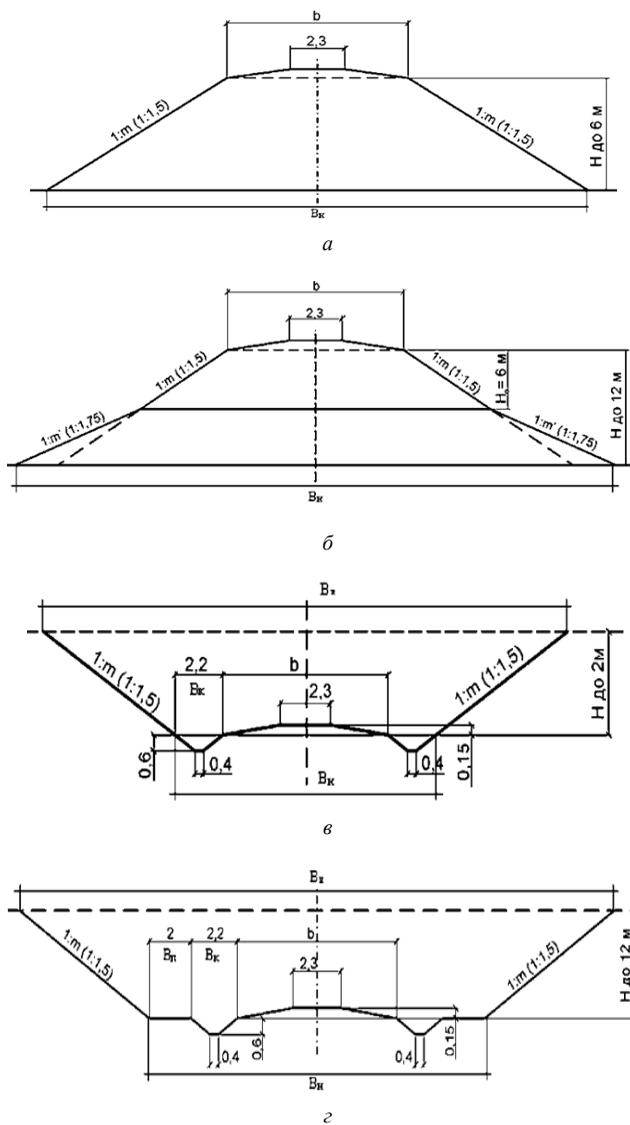


Рис. 4.12. Типы поперечных профилей земляного полотна: а – насыпи высотой до 6 м из недренлирующих грунтов; б – насыпи высотой более 6 м; в – выемки глубиной до 2 м в недренлирующих грунтах; г – выемки глубиной до 12 м в недренлирующих грунтах

Таблица 4.3. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи

Грунты насыпи	Крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	до 6	до 12, в том числе	
		в нижней части – до 6	в верхней части – от 6 до 12
Крупнообломочные грунты, крупные пески, пески средней крупности	1:1,5	1:1,75	1:1,5
Мелкие пески, пылеватые пески	1:2	1:2	1:2
Глинистые грунты	1:2	1:2	1:2

Типовые поперечные профили земляного полотна дороги в выемках показаны на рис. 4.13.

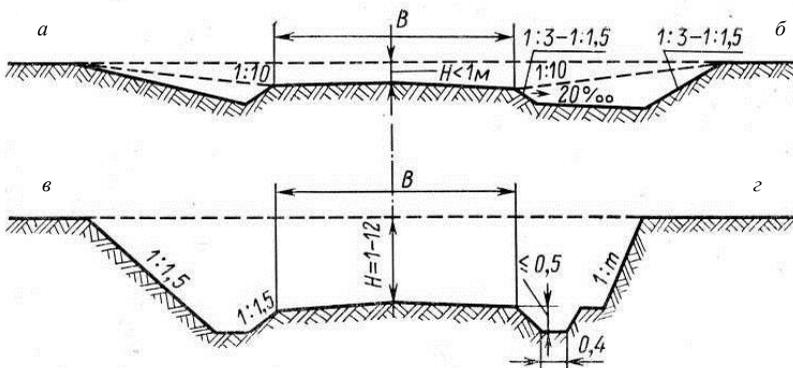


Рис. 4.13. Типовые поперечные профили дороги в выемках:
a – мелкая раскрытая; *б* – мелкая раскрытая, разделанная под насыпь;
в – глубиной 1–12 м; *г* – на лессовых землях

Мелкие выемки (глубиной до 1 м) устраивают раскрытыми (рис. 4.13, *a*), чтобы их меньше заносило снегом или песком. С этой же целью выемки глубиной 1–5 м проектируют с пологими откосами (1:4–1:6). Когда мелкую выемку используют как карьер, грунт из которого перемещают в ближайшую насыпь, ее можно разделять под насыпь (рис. 4.13, *б*).

Наибольшую крутизну откосов выемок, при высоте откоса до 12 м, в песчаных и глинистых грунтах следует принимать 1:2.

На снегозаносимых участках выемки глубиной до 1 м следует проектировать раскрытыми с крутизной откосов от 1:6 до 1:10 или разделанными под насыпь. При глубине от 1 до 5 м выемки следует проектировать с кювет-резервами или закюветными полками шириной не менее 4 м.

Поперечные профили глубоких выемок показаны на рис. 4.13, в.

В несложных геологических условиях конструкцию поперечного профиля принимают на основе решения продольного профиля с учетом рельефа местности, почвенно-грунтовых, геологических, гидрологических условий, дорожно-климатического района и степени увлажнения.

Индивидуальные решения применяют:

- для насыпей и выемок с высотой откоса более 12 м;
- для насыпей на участках временного подтопления, а также при пересечении постоянных водоемов и водотоков;
- для насыпей, сооружаемых на болотах глубиной более 5 м с выторфовыванием или при наличии поперечных уклонов дна болота более 1:10;
- для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях;
- при использовании для насыпей грунтов повышенной влажности;
- при возвышении низа дорожной одежды над расчетным уровнем воды менее указанного в СН 3.03.04-2019 [4];
- при сооружении насыпей на просадочных грунтах;
- для выемок в слоистых толщах, имеющих наклон пластов в сторону проезжей части;
- для выемок, вскрывающих водоносные горизонты или имеющих в основании водоносный горизонт, а также в глинистых грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5;
- для выемок с высотой откоса более 6 м в пылеватых грунтах в местах избыточного увлажнения, а также в глинистых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием погодно-климатических факторов;
- для выемок в набухающих грунтах при неблагоприятных условиях увлажнения;
- для насыпей и выемок, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях: на косогорах круче 1:3, на участках с наличием или возможностью развития оползневых явлений, оврагов;
- при возведении земляного полотна с применением взрывов или гидромеханизации;
- при проектировании периодически затопляемых дорог при пересечении водотоков.

Также индивидуально следует проектировать водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие устойчивость земляного полотна в сложных условиях, а также участки земляного полотна в зоне сопряжения с мостовыми сооружениями.

При проектировании насыпей высотой более 12 м в зависимости от конкретных условий и согласно ТКП 200-2018 (33200) расчетами следует определять [6]:

- возможную величину и продолжительность осадки насыпи за счет ее доуплотнения под действием собственного веса;
- очертание поперечного профиля, обеспечивающее устойчивость откосов насыпи;
- безопасную нагрузку на основание, исключая процессы бокового выдавливания грунта;
- величину и продолжительность осадки основания насыпи за счет его уплотнения под нагрузкой от веса насыпи.

На болотах конструкция поперечного профиля земляного полотна зависит от типа болота, категории дороги и дорожной одежды. При глубине торфяной залежи менее 2 м производят полное выторфовывание с доведением основания насыпи до самого дна (рис. 4.14, а). При большей мощности торфа насыпи сельскохозяйственных дорог с переходными и низшими покрытиями можно устраивать непосредственно на слое торфа без его удаления (рис. 4.14, б).

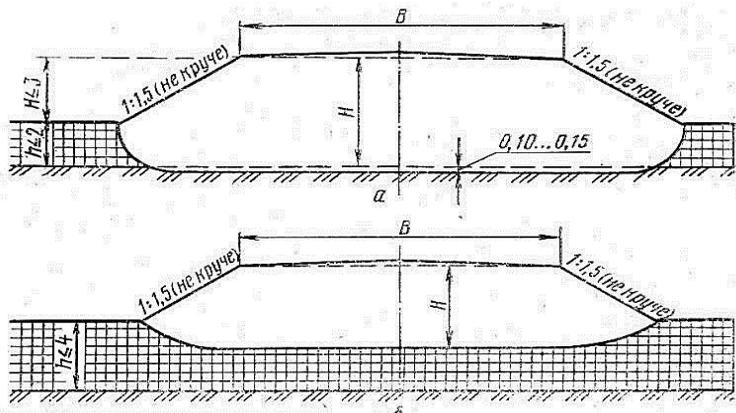


Рис. 4.14. Поперечные профили земляного полотна дороги на болотах:
а – при полном выторфовывании; б – без выторфовывания

Однако это возможно лишь при достаточно устойчивой консистенции торфяной залежи. На низинных болотах, образовавшихся в результате заболачивания озер и медленно текущих рек, сравнительно тонкий слой торфа покоится иногда на мощном слое воды или сапропеля – студнеобразного отложения остатков животных организмов, ила и мелких водорослей. При прокладке дорог на таких участках тонкий слой торфа, который не может выдержать массы насыпи, разрушают и отсыпают насыпь из песка до дна. Для полного оседания насыпи иногда приходится прибегать к взрывным работам. Имеются случаи устройства таким путем дорог на залежи торфа и сапропеля мощностью до 20 м. Однако по глубоким болотам сельскохозяйственные дороги трассируют очень редко – экономически более целесообразно устраивать их в обход болот.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение поперечному профилю дороги, назовите его элементы и их характеристики.
2. Виды поперечных профилей дороги.
3. Кюветы: с какой целью проектируются и их параметры?
4. Что следует понимать под полосой отвода?
5. Принципы предоставления земель для полосы отвода.
6. Назовите типы поперечных профилей дороги и охарактеризуйте их.
7. Поперечный профиль в насыпи.
8. Поперечный профиль в выемке.
9. Поперечный профиль в нулевых отметках.

5. ДОРОГА В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

- 5.1. Понятие продольного профиля и требования к проектированию в нем трассы дороги.
- 5.2. Нанесение проектной линии на профиль.
- 5.3. Последовательность построения продольного профиля.
- 5.4. Переломы проектной линии продольного профиля и вставка вертикальных кривых.
- 5.5. Подсчет объемов земляных работ.

5.1. Понятие продольного профиля и требования к проектированию в нем трассы дороги

Продольным профилем называют графическое изображение (в масштабе) сечения дороги вертикальной плоскостью, проходящей через ее ось.

Продольный профиль характеризует крутизну отдельных участков дороги, измеряемую продольным уклоном, и расположение ее проезжей части относительно поверхности земли. Продольный уклон является одной из важнейших характеристик транспортных качеств автомобильной дороги.

Продольный профиль состоит из профиля земной поверхности, линии поверхности земли, вычерчиваемой по отметкам, полученным в результате нивелирования трассы дороги (черного профиля) и проектной линии (красного профиля) (рис. 5.1).

Процесс установления положения дороги в продольном профиле по отношению к поверхности земли называют проектированием или нанесением проектной линии.

Проектирование продольного профиля трассы дороги представляет собой сложную комплексную задачу. Здесь необходимо учитывать не только условия движения автомобилей и экономические факторы, но также топографические, почвенно-грунтовые, гидрологические и другие местные условия.

Проектная линия представляет ломаную, изменяющую свое направление в вертикальной плоскости. Если проектная линия проходит над черным профилем, земляное полотно дороги представляет собой *насыпь*, если под ним – *выемку*, а если проектная линия проходит по касательной, то говорят, что дорога проходит в точках нулевых работ.

Положение профиля земной поверхности характеризуется отметками земли по оси дороги, а проектная линия – отметками бровки земляного полотна.

Разность между отметками проектной (красной) и черной линий на одной вертикали называют рабочей отметкой. Рабочая отметка определяет высоту насыпи или глубину выемки и рассчитывается до сотых метра.

Исходными данными для проектирования дороги в продольном профиле являются: категория дороги, определяющая ее основные технические нормативы (наибольшие допускаемые продольные уклоны, радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых, шаг проектирования и т. д.); ведомость отметок земли по оси дороги, рекомендуемые рабочие отметки, отметки контрольных точек; гидрогеологические условия по трассе дороги и др.

Основные требования к проектированию сводятся к следующему:

1. Продольные уклоны проектируемой трассы должны быть допустимы в соответствии с СН 3.03.04-2019 [4]. Чтобы вписать дорогу в рельеф местности, ее проектируют в продольном профиле в виде подъемов, спусков и (реже) горизонтально. Крутизна подъемов и спусков характеризуется продольным уклоном.

Уклон – это тангенс угла, который образуется отрезком наклонной прямой и горизонтальной проекцией этого отрезка – заложением (l).

Иными словами, уклон (i) – отношение вертикальной проекции (h) отрезка прямой к его заложению $i = h : l = \operatorname{tg} \alpha$ (рис. 5.2).

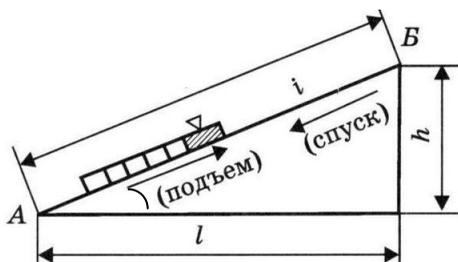


Рис. 5.2. Горизонтальное проложение (l) и высота склона (h)

В дорожном деле как поперечные, так и продольные уклоны принято выражать в виде десятичной или простой дроби, в процентах или в тысячных долях – промилле (‰). Например, один и тот же уклон можно представить в виде: $l = 0,034 = 34 : 1000 = 3,4 \% = 34 \text{ ‰}$. Иногда уклон выражают углом наклона в градусах. Между уклонами, выраженными в градусах и промилле, существуют следующие соотношения:

Градусы	1	2	3	4	5	6	7
Промилле	18	35	52	70	88	105	123

В сетку профиля уклоны обычно вписывают в процентах или в целых промиллях.

Продольный уклон зависит от рельефа местности. Наибольшие допустимые продольные уклоны дороги определяются ее категорией и эксплуатационными требованиями.

Так, согласно требованиям СН 3.03.04-2019 [4], наибольшие продольные уклоны не должны превышать: для дорог I-а, I-б, II категорий – 40 %, III – 50 %, IV категории 60 %, а для V–70 %, VI – 90 %. Если по дороге предполагается движение большегрузных автомобилей с прицепами, продольные уклоны не должны превышать 70 %.

Для улучшения эксплуатационных показателей дороге всегда стремятся проектировать с возможно меньшими продольными уклонами, однако при прохождении ее в выемке, то для лучшего водоотвода дорогу и кюветы проектируют с продольными уклонами не менее 5–10 %.

2. Учет рекомендуемой рабочей отметки земляного полотна, т. е. требуемой высоты насыпи. Дорога должна проходить по возможности в невысокой насыпи (0,5–1,0 м), высота которой принимается в зависимости от климатической зоны, типа местности, характера и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами, вида грунтов и др. (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Рекомендуемое возвышение основания дорожной одежды II климатической зоны для условий Республики Беларусь (в метрах) [4]

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды	
	над поверхностью земли (на участках 2-го типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3-го типа местности)
Песок средней крупности Песок мелкий Супесь легкая крупная Супесь легкая	0,5	0,7
Песок пылеватый Суглинок легкий	0,6	1,2
Супесь пылеватая Супесь тяжелая пылеватая Суглинок легкий пылеватый Суглинок тяжелый Суглинок тяжелый пылеватый Глины	0,8	1,9

Примечания. 1. За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод, который может иметь место за срок службы дорожной одежды. Положение расчетного уровня грунтовых вод устанавливается по данным разовых замеров на период изысканий на основе статистического метода с учетом климатических и грунтово-гидрологических условий района строительства.

При отсутствии данных наблюдений, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.

2. Низ дорожной одежды определяют по границе последнего по глубине конструктивного слоя одежды, учитываемого при расчете на прочность.

По возможности необходимо избегать устройства высоких насыпей и глубоких выемок, особенно для дорог низших технических категорий.

Бровка земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам должна возвышаться над расчетным горизонтом воды с учетом подпора не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружения, при напорном и полупапорном режимах – не менее чем на 1 м.

Возвышение бровки земляного полотна на подходах к большим и средним мостам над расчетным уровнем воды при паводках, возможного подпора и набега волны на откосы следует принимать не менее 0,5 м, до верха берм насыпей – не менее 0,25 м.

3. Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых регламентируются СН 3.03.04-2019 [4]. Радиусы выпуклых кривых должны быть не менее представленных в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Основные параметры при назначении элементов плана и продольного профиля

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	Наименьший радиус кривизны в продольном профиле, м	
			Выпуклой кривой	Вогнутой кривой
140	40	350	25 000	8000
120	40	250	15 000	6000
100	50	160	8000	4000
80	60	100	4000	2500
60	70	60	1500	1500
40	90	40	1000	1000

Примечание. Значение максимального продольного уклона для расчетной скорости 60–120 км/ч может быть увеличено на 5‰ в точке сопряжения вертикальных кривых.

Таким образом, минимальные радиусы выпуклых кривых для дорог IV категории должны составлять 4000 м, V – 1500 м; вогнутых – соответственно 2500 и 1500 м [4]. В благоприятных условиях местности радиусы выпуклых кривых рекомендуется принимать не менее 5000 м.

4. Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии (шаг проектирования) на равнинной местности для дорог III категории составляет 200 м, IV – 150, V, VI-а, VI-б – 100 м. При нанесении проектной линии для обеспечения плавности следует избегать ее частых переломов, проектировать дорогу с наибольшим шагом.

5. Расчетная видимость поверхности дороги должна быть не менее: для дорог IV категории 100 м, для V – 70 м. Видимость встречного автомобиля должна быть соответственно в два раза больше.

6. Учет отметок контрольных точек – отметок проезжей части мостов, бровки земляного полотна над трубами, а также элементов пересекаемых дорог (проезжей части автомобильных дорог, головки рельса железной дороги). Положение проектной линии должно быть увязано с этими отметками.

7. Подходы к мостам размещают на прямых отрезках длиной не менее 10 м с учетом вставки вертикальных кривых. Точка перелома проектной линии на подходах к мосту должна быть на расстоянии (считая от моста), не меньше, чем длина тангенса вертикальной кривой плюс минимальное расстояние от моста до конца вертикальной кривой. Отметки проезжей части моста и над трубой являются контрольными для проведения проектной линии на профиле в этих точках. Высота насыпи на подходах к мосту должна возвышаться над расчетным горизонтом воды с учетом подпора не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме, не менее чем 1 м – при напорном и полунпорном режимах.

8. Учет отметок поверхности земли на пикетах и плюсовых точках по трассе дороги.

Плюсовые точки – это места изломов черного профиля между пикетами, в том числе точки пересечения трассы с тальвегами и водораздельными линиями, границами земель и др. Их учитывают для более точного определения объемов земляных работ. Отметки земли получают в результате нивелированием трассы. С некоторым приближением они могут быть определены по крупномасштабной карте.

9. Продольный профиль дороги проектируют в тесной увязке с планом трассы. При этом стремятся к наименьшему ограничению скорости, обеспечению безопасности движения, удобству водоотвода и к наилучшей защите дороги от снежных и песчаных заносов.

Таким образом, учет перечисленных требований позволяет запроектировать дорогу в продольном профиле, отвечающем СН 3.03.04-2019 [4].

5.2. Нанесение проектной линии на профиль

При нанесении на продольный профиль проектной линии, кроме вышерассмотренных требований, необходимо обеспечить: плавность проектной линии; отвод воды от земляного полотна; отсутствие пило-

образности проектной линии, приводящей к высотным перепадам земляного полотна.

При проектировании автомобильных дорог применяют два основных метода нанесения проектной линии – *по обертывающей и по секущей* (рис. 5.3).

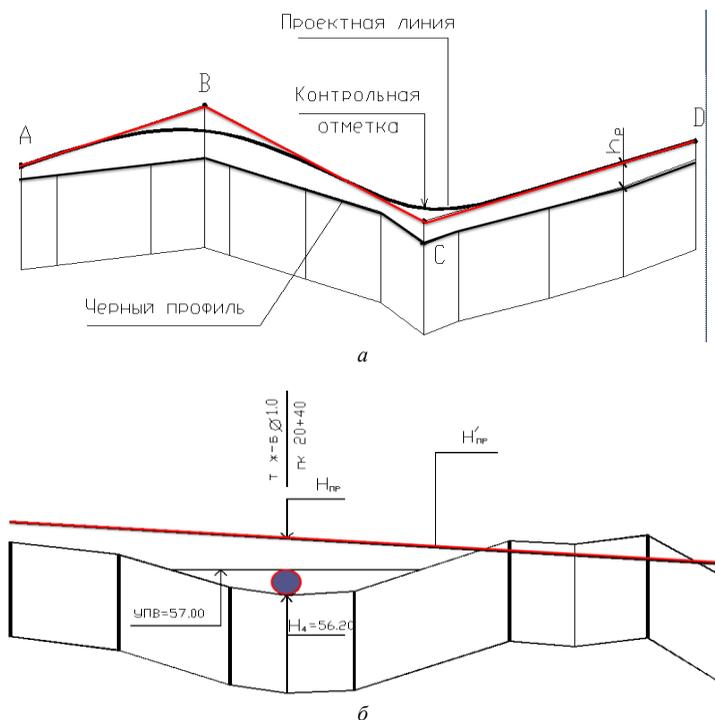


Рис. 5.3. Нанесение проектной линии дороги на продольном профиле:
а – по обертывающей; б – по секущей

При проектировании *по обертывающей* проектная линия как бы копирует профиль земной поверхности (черный профиль) и располагается выше него на уровне так рекомендуемой рабочей отметки, с учетом допустимых продольных уклонов, шага проектирования и других условий. Это необходимо для возвышения поверхности дороги над уровнем снежного покрова и для защиты земляного полотна от воздействия грунтовых и застойных поверхностных вод. Более высокие насыпи про-

ектируют на подходах к мостам и трубам, а выемки устраивают на пересеченной местности (при пилообразном черном профиле).

Положительные свойства данного метода заключаются в том, что метод по обертывающей обеспечивает минимум земляных работ, хорошее вписывание дороги в рельеф местности и является основным при проектировании дорог низких категорий. Он возможен потому, что на этих дорогах допускаются максимально допустимые продольные уклоны и частые изломы проектной линии. Отход от проектирования по обертывающей возможен в следующих случаях:

- при подходе к водным объектам;
- при пересечении впадин и понижений, где для предохранения от воздействия грунтовых и поверхностных вод проектируют высокие насыпи;
- при наличии мелких возвышений.
- при пересечении местности, изрезанной оврагами.

Проектирование по *секущей* с использованием кривых больших радиусов, устройством высоких насыпей и глубоких выемок более характерно для дорог высоких категорий (I и II), на которых требуется обеспечить большую скорость и плавность движения, что достигается небольшими продольными уклонами без частых изломов проектной линии.

При проектировании по секущей взаимное расположение насыпей и выемок устанавливают из условий наилучшего обеспечения баланса земляных работ в смежных насыпях и выемках (продольное перемещение грунта из выемок для создания насыпей).

Плавность проектной линии обеспечивают выбором такого шага проектирования, который позволяет разместить тангенсы чередующихся вертикальных кривых с радиусами, не меньшими минимальным.

5.3. Последовательность построения продольного профиля

Продольный профиль автомобильной дороги является одним из графических документов рабочего проекта ее строительства. Построение продольного профиля производится на листе миллиметровой бумаги размером 40–50×70–80 см.

Отступив 1–2 см от левого и 5–6 см от нижнего края листа, вычерчивают сетку профиля. Следует стремиться, чтобы вертикальная линия штампа сетки профиля справа и верхняя горизонтальная линия совпали с «жирной» линией сетки миллиметровой бумаги. Наименование строк сетки приведены на рис. 5.1.

Далее продольный профиль автомобильной дороги строят в следующем порядке:

1. Принимают вертикальный и горизонтальный масштабы, причем первый задается, как правило, в 10 раз крупнее второго (1:500 – вертикальный и 1:5000 – горизонтальный масштаб).

2. По данным нивелирования трассы и проектирования ее на плане заполняют соответствующие строки сетки профиля.

3. Принимают условный горизонт продольного профиля, как отметку на 20–30 м меньше самой минимальной отметки земли по оси, закрепленной на местности, или запроектированной на плановой основе трассы. Для удобства построения профиля земной поверхности отметку условного горизонта принимают кратной 5 или 10 м.

4. С учетом принятого значения условного горизонта и вертикального масштаба профиля разбивают вертикальную шкалу.

5. Используя «Ведомость отметок земли по оси дороги» на продольный профиль наносят отметки земли каждого пикета и плюсовой точки и производят построение (вычерчивание) профиля земной поверхности.

Для наиболее точного отображения продольного профиля земной поверхности кроме пикетов назначают плюсовые точки. В качестве их принимают точки пересечения трассой дороги горизонталей, границ контуров земель, берегов и дна водотоков, а также контрольные точки (пересечения с существующими дорогами, примыкания к улицам, подходы к мостам и другим инженерным сооружениям), начало и конец горизонтальных кривых и др. Отметки пикетов определяют путем интерполяции или экстраполяции отметок горизонталей плана. Интерполяцию используют в том случае, если пикет или плюсовая точка расположена между горизонталями, а экстраполяцию – если точка находится в пределах замкнутой горизонтали.

Отметки поверхности земли в пикетах (плюсовых точках) определяют методом интерполяции исходя из свойств подобия треугольников (рис. 5.4). Для этого устанавливают кратчайшее расстояние (D) между горизонталями, которое проходит через пикет или плюсовую точку A и расстояние (d) от горизонтали с меньшей отметкой до этой точки. Пользуясь свойством подобия треугольников, составляют следующую пропорцию:

$$\frac{x}{h} = \frac{d}{D}, \quad (5.1)$$

где d – расстояние от горизонтали с меньшей отметкой до точки A , м;
 h – высота сечения рельефа, м;

D – кратчайшее расстояние между горизонталями, которое проходит через точку A , м.

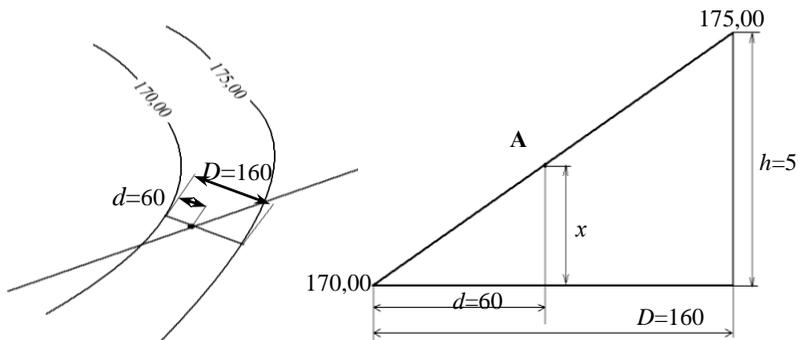


Рис. 5.4. Схема к определению отметки точки методом интерполяции

Превышение точки A над горизонталью с меньшей отметкой определяется следующим образом:

$$x = d \cdot \frac{h}{D} \quad (5.2)$$

Например, требуется найти отметку точки A , расположенную между горизонталями с отметками 170,00 и 175,00 м. Кратчайшее расстояние между горизонталями $D = 160$ м, расстояние от пикета до горизонтали с наименьшей отметкой $d = 60$ м. Сечение рельефа $h = 5$ м. Тогда отметка точки

$$H_A = 170,00 + \frac{60 \cdot 5}{160} = 171,88 \text{ м.}$$

Отметку точки путем экстраполяции рассчитывают также исходя из свойств подобия треугольников (рис. 5.5).

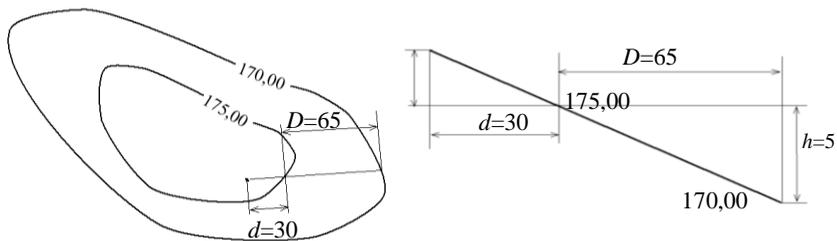


Рис. 5.5. Схема к определению отметки точки методом экстраполяции

При кратчайшем расстоянии между ближайшими горизонталями (D) и расстоянии (d) от точки A до ближайшей горизонтали превышение (или понижение) по отношению к отметке ближайшей горизонтали определяется по формуле (5.2).

Если ближайшая горизонталь имеет меньшую отметку, чем смежная, то превышение вычитают от отметки ближайшей горизонтали, если большую – прибавляют.

Например, точка A расположена в пределах замкнутой горизонтали с отметкой 175,00 м. Расстояние от точки до ближайшей горизонтали $d = 30$ м, кратчайшее от горизонтали с отметкой 175,00 м до соседней с отметкой 170,00 м $D = 65$ м. Сечение рельефа $h = 5$ м. Тогда отметка точки

$$H_A = 175,00 + 30 \cdot \frac{5}{65} = 177,31 \text{ м.}$$

Все определенные высотные отметки пикетов и плюсовых точек вычисляются с точностью до 0,01 м и заносятся в табл. 5.3.

Таблица 5.3. **Ведомость отметок пикетов и плюсовых точек поверхности земли по трассе дороги**

Номера пикетов и плюсовых точек	Отметка земли (до 0,01), м	Примечание (расположение кривых, контуров земель, контрольных точек и др.)

По отметкам поверхности земли по оси дороги, проставленным на всех пикетах и плюсовых точках, вычерчивают черный профиль в виде ломаной линии.

6. На продольный профиль наносят отметки всех контрольных точек (ведомость контрольных точек), и одним из принятых методов, с учетом технических требований (шаг проектирования, рекомендуемая рабочая отметка, максимальный и минимальный продольный уклон и др.) наносят проектную линию. Изломы проектной линии рекомендуется приурочивать к пикетам или плюсовым точкам.

В местах, где уклоны линии поверхности земли превышают допускаемые уклоны дороги, проектную линию можно наметить ниже линии черного профиля. При этом стремятся избегать мелких выемок, так как их интенсивно заносит снегом. Таким образом, проектную линию также намечают в виде ломаной. Уклоны отрезков проектной ли-

нии на всем протяжении не должны превышать наибольших уклонов, допустимых по техническим условиям для дороги данной категории. Шаг проектирования, считая по горизонтали, также должен быть не меньше допустимого.

7. После нанесения проектной линии еще раз проверяют, нет ли участков с недопустимо большими уклонами или необоснованно глубоких выемок и высоких насыпей, и приступают к продольным уклонам каждого отрезка проектной линии и отметок бровки земляного полотна на каждом пикете и плюсовой точке. (Уклоны вписывают в сетку профиля в промиллях или в процентах.) Отметку бровки земляного полотна определяют только путем вычисления по назначенному уклону, используя следующую зависимость:

$$H_{n+1} = H_n \pm li, \quad (5.3)$$

где H_{n+i} – отметка искомой точки, м;

H_n – отметка предыдущей точки, м;

i – принятый продольный уклон отрезка проектной линии;

l – расстояние между точками с отметками H_n и H_{n+1} , м.

8. В строке «проектные уклоны» вертикальными черточками отмечают все точки изломов, т. е. границы отрезков проектирования. Между черточками пишут простую дробь, в числителе которой указывают уклон, а в знаменателе – шаг проектирования (в метрах). Черту дроби наклоняют в сторону падения проектной линии.

Рекомендуется вписывать уклоны в промиллях (‰). Например, не 34,3 ‰, а 34 ‰ и вычислять их по приведенной выше формуле.

9. Вычисленные отметки бровки земляного полотна выписывают в соответствующую строку профиля до сотых метра на всех пикетах и плюсовых точках.

10. В случае переломов проектной линии определяется необходимость вписывания вертикальных кривых в углы переломов.

Определяют параметры вертикальных кривых (выпуклых и вогнутых) и отображают их с учетом принятого горизонтального масштаба в соответствующей строке продольного профиля.

11. Выполняют расчет поправок (до сотых метра) за вертикальные кривые и вводят поправки в исходные рабочие отметки пикетов и плюсовых точек, располагающихся на кривых. Выписанные на профиле исходные рабочие отметки берутся в скобочки, а справленные рабочие отметки выписываются рядом без них.

12. Определяют рабочие отметки, как разность между отметкой бровки земляного полотна и отметкой земли по оси дороги. Рабочие отметки рассчитываются до сотых метра и указываются в каждом пикете и плюсовой точке. При положительном её значении рабочая отметка выписывается над проектной линией, при отрицательном под ней, при этом знак рабочей отметки не ставится.

13. В случае пересечения проектной линией профиля земной поверхности (черной линии) требуется определять положение нулевой точки.

Местоположение точек перехода из выемки в насыпь или наоборот (точки «нулевых» работ) вычисляют по исправленным рабочим отметкам ближайших пикетов или плюсовых точек (рис. 5.6).

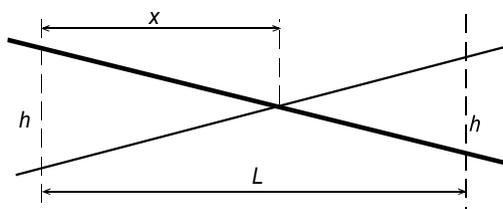


Рис. 5.6. Схема к определению положения точки «нулевых» работ

Расстояние от пикета до точки «нулевых» работ определяют по формуле

$$X = \frac{h_1 l}{h_1 + h_2}, \quad (5.4)$$

где X – расстояние от пикета или плюсовой точки до точки «нулевых» работ, м;

h_1 и h_2 – рабочие отметки соответственно на предыдущем и последующем пикетах, м;

l – расстояние между пикетами, м.

14. Определяют местоположения кюветов и типа их укрепления. Для предохранения дорожного полотна от отрицательного воздействия поверхностных вод проектируют водоотводные сооружения. Наибольшее распространение на дорогах местного значения получили кюветы.

Кюветы проектируют в выемках, точках «нулевых» работ и в насыпях до 0,5 м. Наиболее часто принимают нормальный кювет тра-

пецеидального сечения глубиной 0,7–0,8 м, шириной по дну – 0,4 м и крутизной откосов 1:1 или 1:1,5.

Продольный уклон кювета назначается равным уклону дороги на данном отрезке. Если на отдельных участках насыпи высотой менее 0,5 м проектная линия имеет уклон менее 0,005 и увеличение уклона или высоты насыпи является нецелесообразными, то для обеспечения нормального стока воды по кюветам уклон дна кювета задают непараллельно проектной линии. Дну кювета придают минимально допустимый уклон (не менее 5 ‰).

Для предохранения кюветов от разрушения и размыва поверхностными водами на участках со значительными уклонами предусматриваются укрепление дна и откосов кюветов различными местными дорожно-строительными материалами, устройство перепадов или лотков-быстротоков. При уклонах от 10 до 30 ‰ намечают укрепление дна и откосов кювета одерновкой, при 30–50 ‰ – мощение камнем, более 50 ‰ устраивают перепады и быстротоки.

При прохождении в продольном профиле проектной линии в выемке положение (границы) кюветов определяется визуально, в случае размещения дороги в точках «нулевых» работ или в насыпи границы кюветов устанавливаются аналитически.

Местоположение начала (конца) кювета при положении дороги в насыпи (рис. 5.7) можно рассчитать по формуле

$$x = \frac{(0,5 - h_1)l}{h_2 - h_1}, \text{ если } h_1 < 0,5, \text{ а } h_2 > 0,5, \quad (5.5)$$

где h_1 – значение меньшей рабочей отметки ближайшего пикета или плюсовой точки, м;

h_2 – значение большей рабочей отметки ближайшего пикета или плюсовой точки, м;

l – расстояние между пикетами или плюсовыми точками, м.

Если точкой с наименьшей рабочей отметкой является точка «нулевых» работ, то формула (5.4) примет вид:

$$x = \frac{0,5L}{h_1}, \quad (5.6)$$

где L – расстояние от точки «нулевых» работ до ближайшего пикета или плюсовой точки дороги, размещенной в насыпи, м.

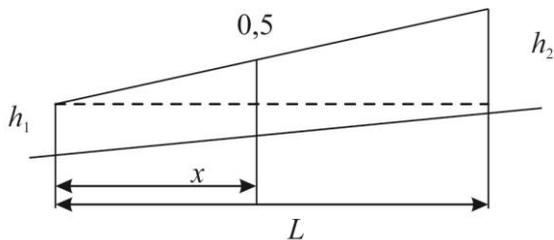


Рис. 5.7. Схема к определению границы кювета при прохождении проектной линии в насыпи

Пример. Кювет начинается между ПК8 и ПК9 (рис. 5.8). Рабочие отметки $h_{\text{ПК8}} = 0,60$ и $h_{\text{ПК9}} = 0,35$ м, расстояние между ними – 80 м. Тогда расстояние от ПК9 до начала кювета (формула (5.5)) составит $\frac{(0,50 - 0,35) \cdot 80}{0,60 - 0,35} = 48$ м.

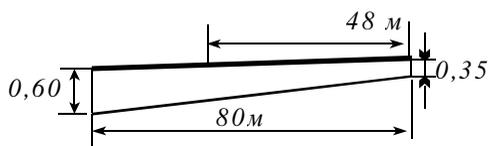


Рис. 5.8. Пример определения местоположения кюветов при прохождении проектной линии в насыпи

Расстояние откладывается от пикета, имеющего меньшую рабочую отметку.

5.4. Переломы проектной линии продольного профиля и вставка вертикальных кривых

Переломами продольного профиля называются точки, в которых сопрягаются участки проектной линии с различными уклонами. При изменении одного уклона на другой создается ряд неудобств для движения: выпуклые места на дороге ограничивают видимость расположенного впереди участка дороги, а на переломах, имеющих сравнительно малый радиус кривизны, при высоких скоростях движения возникает опасность потери управляемости автомобилем в связи с разгрузкой передней оси. На вогнутых переломах из-за внезапного изменения направления движения возникает толчок, неприятный для пассажиров и перегружающий подвеску автомобиля. Поэтому переломы

продольного профиля смягчают введением сопрягающих вертикальных кривых (рис. 5.9, 5.10).

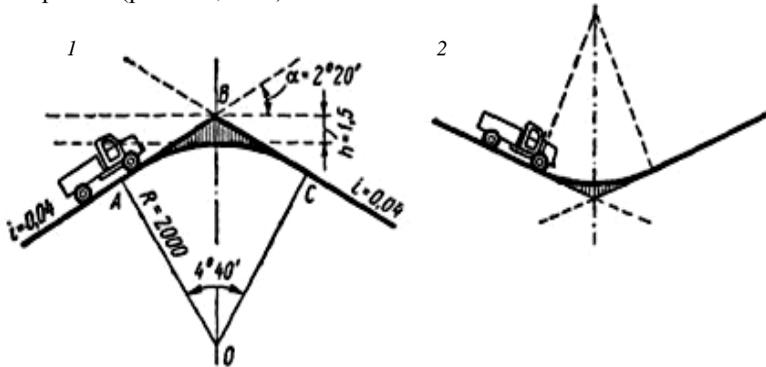


Рис. 5.9. Вертикальные кривые: 1 – выпуклая; 2 – вогнутая

Делают это только в том случае, если алгебраическая разность уклонов отрезков проектной линии, образующих угол, превышает 20 ‰ для дорог низших категорий и 5–10 ‰ – для дорог высоких категорий.

Для проектирования вертикальной кривой необходимо знать ее радиус R и алгебраическую разность уклонов $i_1 - i_2$. Принято считать на продольном профиле уклоны положительными на подъемах и отрицательными – на спусках (слева направо по ходу профиля).

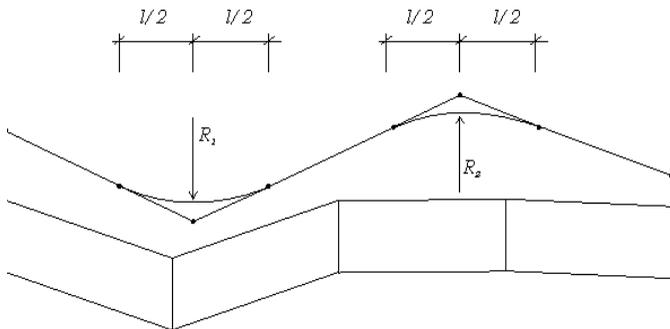


Рис. 5.10. Вертикальные кривые и их радиусы

Минимальные значения радиусов вертикальных выпуклых и вогнутых кривых определены СН 3.0304-2019 [4] (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Значение радиусов вертикальных кривых в продольном профиле, м

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, %	Наименьшее расстояние видимости дороги, м	Наименьший радиус кривых в продольном профиле, м	
			Выпуклой	Вогнутой
140	40	350	25000	8000
120	40	250	15000	6000
100	50	160	8000	4000
80	60	100	4000	2500
60	70	60	1500	1500
40	90	40	1000	1000

Вертикальная кривая имеет следующие параметры (рис. 5.11).

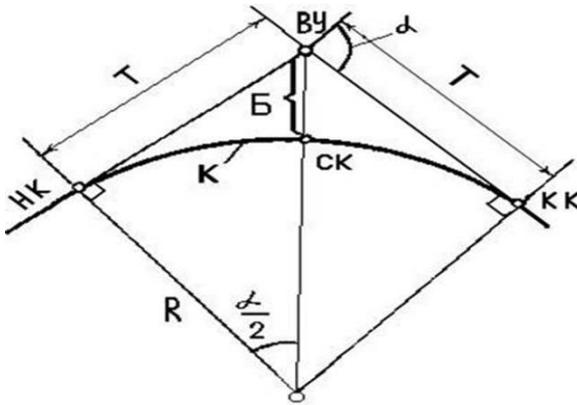


Рис. 5.11. Вертикальная кривая и её элементы: R – радиус; K – кривая; B – биссектриса; T – тангенс; α – угол поворота; $ВУ$ – вершина угла поворота; $СК$ – середина кривой; $НК$ и $КК$ – начало и конец кривой

Параметры вертикальных кривых K , T , B определяют по специальным таблицам или вычисляют по следующим формулам:

$$K = R(i_1 \pm i_2); \quad (5.7)$$

$$T = \frac{K}{2}; \quad (5.8)$$

$$B = \frac{T^2}{2R}, \quad (5.9)$$

где K – длина вертикальной кривой, м;
 R – радиус вертикальной кривой, м;
 i_1, i_2 – уклоны сопряженных запроектированных отрезков дороги, тыс.%;
 T – тангенс вертикальной кривой, м;
 B – биссектриса вертикальной кривой, м.

Определяя длину кривой, необходимо правильно учесть знаки уклонов отрезков. В целом, если уклоны одноименные, то их значения вычитают, если разноименные – суммируют.

Вертикальные кривые отображаются графически в виде выгнутых (выпуклые кривые) или вогнутых (вогнутые кривые) скоб в соответствующей строке продольного профиля «Уклоны трассы и вертикальные кривые» в принятом масштабе. При этом положение вершины вписанной кривой соответствует вершине перелома проектной линии.

После определения параметров вертикальных кривых и их вписания, вводят поправки в рабочие отметки на отрезках этих кривых (рис. 5.12).

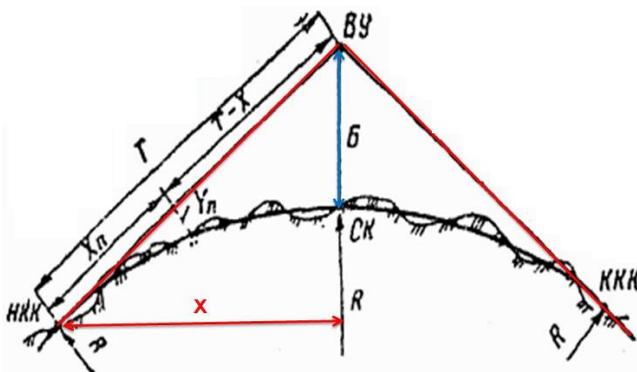


Рис. 5.12. Вписанная вертикальная кривая:

X – расстояние от начала или конца вертикальной кривой до пикета или «+» точки, попадающих на неё, м; B – биссектриса кривой, м

Значение поправки (y) рассчитывают по формуле

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (5.10)$$

где y – значение поправки, м;

x – расстояние от начала или конца вертикальной кривой до пикета (плюсовой точки), в рабочую отметку которой вносится поправка, м;

R – радиус вписанной вертикальной кривой, м.

Поправка определяется с точностью до 0,01 м и вносится со знаком минус в рабочую отметку при выпуклой кривой и плюс – при вогнутой. Исходные рабочие отметки берутся с продольного профиля с учетом знака.

Вертикальные кривые изменяют ранее вычисленные рабочие отметки на продольном профиле: в насыпях выпуклые кривые уменьшают их, а вогнутые увеличивают; в выемках – наоборот. Поправка к рабочей отметке y (ордината вертикальной кривой) в точке перелома профиля равна биссектрисе B , а в произвольной точке кривой, расположенной на расстоянии x от начала или конца кривой, $y = x^2 / 2R$.

Поправку (y) вычисляют для всех пикетов и плюсовых точек в пределах кривой.

Значения поправок и исправленные рабочие отметки следует занести в табл. 5.5.

Таблица 5.5. Значения поправок к рабочим отметкам продольного профиля

Пикет, плюсовая точка	Отметка земли, м	Рабочая отметка, м	Поправка к рабочей отметке, м	Исправленная рабочая отметка, м

На профиле ранее вычисленные рабочие отметки берут в скобки, а новые, полученные с учетом значения y , проставляют рядом.

Цифры в скобках характеризуют рабочие отметки, которые были бы после вписывания вертикальных кривых, цифры без скобок – фактические отметки (рис. 5.1).

После расчета параметров вертикальных кривых уточняют длины прямых отрезков трассы дороги. Длина прямого отрезка уменьшится на величину тангенсов двух сопряженных кривых.

Вертикальную кривую показывают в виде горизонтальной прямоугольной скобы, середина которой расположена над вершиной угла.

Длина скобы равна двум тангенсам и откладывается в горизонтальном масштабе профиля. На выпуклых кривых концы скобы: направлены вниз, на вогнутых – вверх (рис. 5.13).

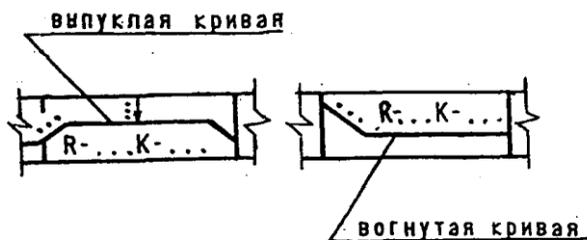


Рис. 5.13. Отображение вертикальных кривых на продольном профиле

У концов скобы указывают расстояния от начала и конца кривой до ближайшего пикета (в метрах), над скобой – элементы кривой (R , T , K , B).

5.5. Подсчет объемов земляных работ

Объем земляных работ подсчитывают для составления проекта организации работ, выбора типов дорожных машин и оценки стоимости строительства автомобильной дороги.

Стоимость земляных работ в зависимости от технической категории дороги и рельефа местности составляет от 8 до 40 % сметной стоимости дороги в целом.

Для подсчета объемов земляных работ необходимо иметь основные проектные документы: план трассы, продольный и поперечный профили земляного полотна.

Перед началом подсчета по продольному и поперечному профилям определяется положение следующих точек:

- перехода земляного полотна из насыпи в выемку;
- изменение крутизны откосов насыпей и выемок;
- изменение поперечного уклона местности;
- начала и конца участков земляного полотна, проектируемых по индивидуальным проектам;
- начала и конца отводов уширения и длины кривых, требующих уширения земляного полотна;
- границы участков, требующих выполнения дополнительных объемов земляных работ.

Объемы земляных работ подсчитываются отдельно по пикетам и плюсовым точкам для насыпей и выемок в специальной ведомости (табл. 5.6). При этом может использоваться ПВМ, Microsoft Excel или

другое программное обеспечение. Длины участков и рабочие отметки берут с чертежа продольного профиля.

Таблица 5.6. Ведомость подсчета объемов земляных работ

Номер пикета, плюсовой точки	a , м	h , м		b , м	F_2 , м ²	$F_{ср}$, м ²	L , м	Объем, м ³		Поправка в объем земляных работ		Объем с учетом поправки, м ³	
		насыпь	выемка					насыпь	выемка	насыпь	выемка	насыпь	выемка
Итого...													

Для определения объема насыпей и выемок земляное полотно рассматривается как геометрическое тело, имеющее правильную форму. При отсутствии поперечного уклона участок земляного полотна между смежными переломами продольного профиля рассматривается как призматойд с трапецидальным сечением (рис. 5.14).

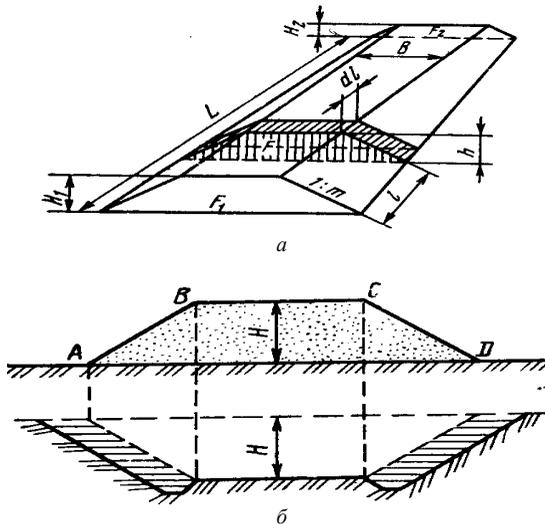


Рис. 5.14. Схема к определению объемов насыпей и выемок при горизонтальной поверхности грунта (а); различие в объемах насыпей и выемок при одинаковых рабочих отметках (б)

Большинство земляных сооружений на дорогах можно рассматривать как призматойд переменной высоты с поперечным сечением в виде трапеции (рис. 5.15).

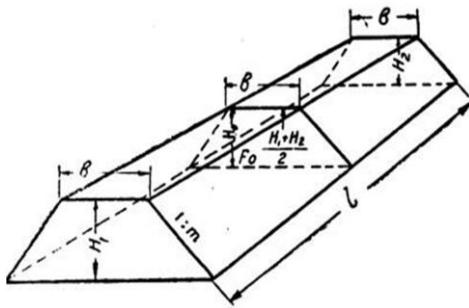


Рис. 5.15. Вид поперечного сечения (призматойд) дороги в насыпи между двумя пикетами или пикетом и плюсовой точкой

Для участка дороги длиной L при условии отсутствия поперечного уклона местности объем земляных работ определяется по следующим формулам:

- для насыпи

$$V_n = \frac{F_1 + F_2}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L, \quad (5.11)$$

- для выемки

$$V_v = \frac{F_1' + F_2'}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L + 2V_k, \quad (5.12)$$

где F_1 , F_2 , и F_1' , F_2' – площади поперечных сечений насыпи или выемки в данных точках (пикет, плюсовая точка), m^2 ;

L – расстояние между соседними точками (пикетами, плюсовыми точками), m ;

m – коэффициент заложения откосов земляного полотна (1:1,5; 1:2);

h_1 , h_2 – рабочие отметки соседних точек (включая «нулевые»), m .

Площадь поперечного сечения дороги в насыпи или выемки (F_1 , F_2) определяется по формуле

$$F_{1-2} = \frac{(a+b)}{2} h, \quad (5.13)$$

где a – ширина земляного полотна дороги поверху (для выемок прибавляется ширина двух кюветов по верху), м;

b – ширина подошвы насыпи или ширина выемки по верху, м;

h – рабочая отметка точки (пикета или плюсовой точки), м.

Ширину подошвы насыпи (выемки) поверху определяют по формуле

$$b = a + 2hm, \quad (5.14)$$

где a и h – то же, что и в формуле (5.13);

m – то же, что и формуле (5.11).

Объем земляных работ в кюветах:

$$V_k = f_k l_k, \quad (5.15)$$

где f_k – площадь поперечного сечения кювета, м²;

l_k – длина кювета, м.

Вид поперечного сечения дороги в насыпи представлен на рис. 5.16.

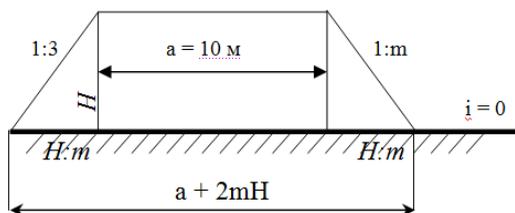


Рис. 5.16. Вид поперечного сечения дороги в насыпи

В объем земляных работ может вводиться поправка (v), рассчитываемая по формуле

$$v = m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L. \quad (5.16)$$

Она вводится в случаях, если $L > 50$ м и $(h_2 - h_1) > 1$ м, или $L < 50$ м и $(h_2 - h_1) > 2$ м.

При определении объемов земляных работ мосты из расчетов исключаются. К объему земляных работ дороги прибавляются объемы запроектированных съездов и въездов второстепенных примыкающих дорог.

По результат расчета объемов земляных работ может отображаться графически (рис. 5.17).

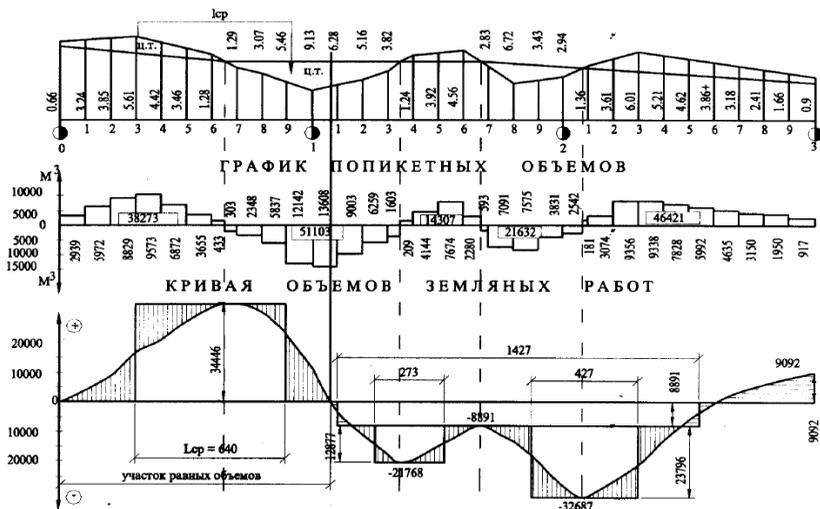


Рис. 5.17. Графическое отображение объема земляных работ по пикетам

Контрольные вопросы

1. Дайте определение продольному профилю дороги, назовите его элементы.
2. Какие требования предъявляют к проектированию трассы дороги в продольном профиле?
3. Какие требования предъявляют к нанесению проектной линии на профиль?
4. Порядок построения продольного профиля дороги.
5. Каким образом определяют отметки поверхности земли в пикетах (плюсовых точках) и наносят их на профиль?
6. Методика определения местоположения точки «нулевых» работ.
7. Методика определения местоположения начала и конца кюветов.
8. Последовательность действий при вставке вертикальных кривых.
9. Методика определения рабочих отметок и поправок к ним.
10. Методика расчёта объемов земляных работ.

6. ВОДООТВОД НА ДОРОГАХ И ПЕРЕХОДЫ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

- 6.1. Источники увлажнения земляного полотна и система дорожного водоотвода.
- 6.2. Боковые и нагорные отводные канавы, испарительные бассейны, резервы и дренажи.
- 6.3. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне и процесс пучинообразования.
- 6.4. Основные типы и конструкции водопропускных и инженерных сооружений.
- 6.5. Расчетные нагрузки и габариты автодорожных мостов.
- 6.6. Расчет параметров мостов и труб.
- 6.7. Проектирование мостов и труб.

6.1. Источники увлажнения земляного полотна и система дорожного водоотвода

В результате воздействия на земляное полотно источников увлажнения происходит постепенное его разрушение.

От увлажнения грунты, из которых возведено земляное полотно, изменяют свои физико-механические свойства. Это приводит к уменьшению их несущей способности и сопротивляемости действию внешних нагрузок. Исключение составляют песчаные и гравелистые грунты, которые при увлажнении становятся более проходимыми для транспорта. Глинистые и суглинистые грунты от увлажнения размокают, увеличиваются в объеме, а при перенасыщении водой могут на крутых откосах сползать. При больших продольных уклонах дороги вода может течь с большей скоростью и размывать поверхность земляного полотна. Для предохранения дорожной одежды от разрушения, стремятся так сконструировать земляное полотно, чтобы в любое время года оно меньше подвергалось увлажнению.

Источниками увлажнения грунтов земляного полотна могут быть просачивающиеся через водопроницаемую дорожную одежду атмосферные осадки, застаивающаяся в кюветах вода, капиллярная вода от высокостоящего уровня грунтовых вод, а также парообразная и пленочная вода, передвигающаяся в порах грунта от теплых мест к более холодным (рис. 6.1). Преобладание тех или иных источников увлажнения зависит от местных природных условий и времени года.

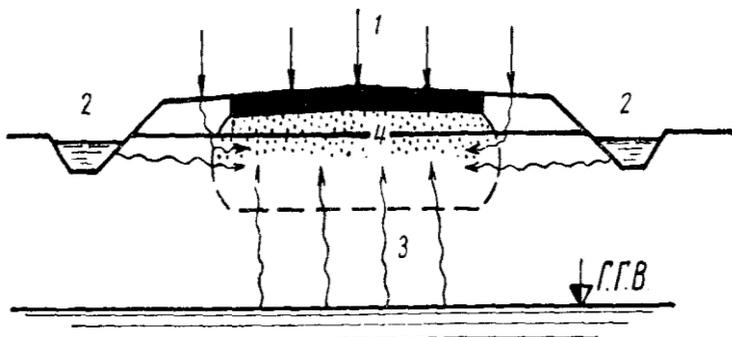


Рис. 6.1. Источники увлажнения грунтов земляного полотна: 1 – атмосферные осадки; 2 – застаивающаяся в кюветах вода; 3 – грунтовые воды; 4 – капиллярная вода

На поступление влаги в полотно, кроме местных климатических условий, влияют поперечные уклоны проезжей части и обочин, конструкции дорожной одежды, тип укрепления обочин и откосов, качество и степень уплотнения грунтов.

Количество влаги W , находящееся в земляном полотне, не остается в течение года постоянным и изменяется за определенный промежуток времени согласно уравнению водного баланса:

$$W = (A + B + C) - (D + E + F), \quad (6.1)$$

где A – осадки, выпадающие на земляное полотно, мм;

B – просачивание воды, притекающей с прилегающей к дороге местности, мм;

C – приток воды от уровня грунтовых вод по капиллярам, а также в результате пленочного и парообразного перемещения влаги, мм;

D – сток воды с земляного полотна, мм;

E – испарение влаги с поверхности грунта, мм;

F – просачивание воды из земляного полотна в глубинные слои грунта, мм.

На изменения водного режима земляного полотна, помимо атмосферных осадков, значительное влияние оказывают колебания температуры в течение года, создающие в теле земляного полотна температурные градиенты, под влиянием которых содержащаяся в грунте вода перемещается из более теплых мест к более холодным.

В годовом цикле изменения влажности грунтов земляного полотна различают 4 периода состояния земляного полотна дороги.

I – первоначальное накопление влаги осенью в результате просачивания в грунт дождевых осадков;

II – промерзание земляного полотна и зимнее перераспределение влаги;

III – оттаивание земляного полотна и весеннее переувлажнение грунта;

IV – летнее просыхание земляного полотна.

Водный режим существенно зависит от местных климатических условий, поскольку влияние факторов, входящих в уравнение водного баланса, по-разному проявляется в разных климатических зонах.

Для предупреждения и уменьшения отрицательного воздействия воды на земляное полотно, принимают ряд конструктивных мер и строят сооружения, т. е. предусматривают системы дорожного водоотвода. В нее могут входить следующие сооружения и устройства: различные канавы (кюветы, нагорные, водоотводные, осушительные); испарительные бассейны и резервы; дренажи; водопрпускные сооружения – трубы и мосты; водозащитные и водонаправляющие – бермы, банкеты, кавальеры, отсыпки и др.

Система дорожного водоотвода состоит из ряда сооружений и отдельных конструктивных мероприятий, предназначенных для предотвращения переувлажнения земляного полотна. Они служат для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну, или для предотвращения доступа воды в верхнюю часть земляного полотна. В результате их действия должен быть обеспечен постоянный благоприятный режим влажности грунтовых оснований дорожных одежд.

Различают 2 вида дорожного водоотвода: поверхностный, подземный.

Поверхностный водоотвод. Для отвода поверхностной воды (выпадаемых осадков) поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде придают выпуклое очертание; выполняют планирование и укрепление обочин; устраивают боковые водоотводные канавы (кюветы), а в некоторых случаях используют для отвода воды резервы и закладывают испарительные бассейны; устраивают нагорные канавы, перехватывающие воду, которая стекает по склонам местности к дороге; строят мосты, трубы для пропуска водотоков и воды из боковых канав под земляным полотном, а также сооружения, позволяющие отвести воду в сторону земляного полотна.

При необеспеченном отводе поверхностной воды и возможности застоя ее вблизи от дороги в течение длительного времени назначают такое возвышение слоев дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или длительно стоящих поверхностных вод, чтобы капиллярное поднятие не достигало верхних слоев грунтового основания дорожной одежды. Возвышение дорожной одежды – наиболее эффективный способ обеспечения её целостности и прочности.

Поперечный уклон, придаваемый поверхности покрытия дорожной одежды от середины к обочинам, зависит от типа покрытия. Чем меньше ровность поверхности покрытия, тем больший поперечный уклон ему придают, так как вода, испытывая сопротивление стеканию, может застаиваться в местных понижениях и просачиваться в покрытие и под него. Однако требования удобства движения автомобилей вынуждают ограничивать крутизну поперечного уклона минимальным значением, обеспечивающим сток воды.

На необходимость ограничения значения поперечного уклона указывают следующие обстоятельства:

- при больших поперечных уклонах и скользкой поверхности дороги возможно сползание автомобилей с покрытия;
- при выезде на середину проезжей части у автомобилей, имеющих спаренные задние колеса, внутренние шины перегружаются, что приводит к усиленному износу шин и покрытия;
- поперечный уклон покрытия способствует появлению бокового увода шин, что ухудшает управляемость автомобилей и также приводит к износу шин.

Обочинам придают больший поперечный уклон, чем покрытию, так как на их поверхности при эксплуатации могут появляться неровности, вызванные заездом автомобилей в неблагоприятную погоду, а застои воды на грунте обычно приводят к переувлажнению земляного полотна.

В зависимости от типа грунта земляного полотна и типов покрытий обочины устраивают с уклоном на 15–20 % больше, чем покрытие, т. е. в пределах 40–50 %.

На дорогах I и II категорий обочины должны быть укреплены на ширину не менее чем 0,75 м бетонными плитами, мощением щебнем или гравием, обработанным вяжущими материалами. Обочины на дорогах III и IV категорий планируют, уплотняют и засевают низкорослыми травами для создания дернового покрова. Ширину полосы, укрепленной прочными материалами, сокращают до 0,5 м.

На участках дорог I–III категорий с продольными уклонами более 30 % для защиты обочин иногда предусматривают продольные лотки

(лотковый профиль) со сбросом воды по откосу при помощи специальных устройств через каждые 50–100 м. Однако в ряде случаев наблюдалось переполнение лотков и главное, размыв лотковых сбросов по откосам насыпей.

В пределах населенных пунктов, где вероятны частые заезды автомобилей на обочины, поверхность обочин укрепляют гравием, щебнем, шлаком, местными слабыми каменными материалами или обрабатывают вяжущими материалами. Если обочины не укреплены или вдоль краев покрытий нет укрепленных боковых полос, условия работы краев покрытия резко ухудшаются, что часто вызывает их обламывание.

Подземный водоотвод. Представляет дренажные устройства, которые предназначены для защиты земляного полотна и дорожной одежды от неблагоприятного воздействия грунтовых и поверхностных вод. Они служат для прерывания и преграждения доступа воды к земляному полотну снизу, сбору и отводу воды с откосов выемок, для перехвата грунтовых вод и понижения их уровня, а также для сбора и удаления воды, образующейся в весенний период при оттаивании ледяных прослоек в основании дорожной одежды.

Дренажные устройства применяются в случаях недостаточного возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод или над поверхностью земли на участках с необеспеченным стоком, а также в случаях, когда грунтовые воды могут нарушить устойчивость земляного полотна.

Необходимость применения дренажных устройств устанавливают путем комплексной оценки грунтовых, гидрогеологических, климатических условий, проектных решений, влияющих на прочность земляного полотна и дорожной одежды.

В состав дренажных устройств входят капилляропрерывающие и изолирующие прослойки; откосный дренаж; подстилающие (дренирующие слои дорожных одежд; понижающий дренаж; перехватывающий дренаж.

6.2. Боковые и нагорные отводные каналы, испарительные бассейны, резервы и дренажи

Для сбора и отвода воды, стекающей с поверхности земляного полотна дороги, прилегающей к ней местности, а также поступающей из дренажных устройств дорожной одежды устраивают кюветы, лотки, быстротоки, нагорные и водоотводные каналы, испарительные бассейны и резервы.

Боковые каналы (кюветы) устраивают в выемках и насыпях с высотой до 0,5 м. Эти каналы служат для отвода воды, стекающей во время дождя и таяния снега с поверхности дороги и прилегающей к ней местности. Боковые каналы способствуют осушению верхней части земляного полотна в связи с испарением влаги с их внутренних откосов. Положительное действие боковых каналов сказывается лишь при быстром удалении из них воды. При необеспеченном отводе воды и длительном ее застое каналы становятся источниками проникания воды в земляное полотно и его переувлажнения.

При использовании системы подземного водоотвода глубину кювета следует назначать на 0,1–0,2 м ниже устья дренажных устройств или низа дренирующего слоя дорожной одежды в точке выхода его на откос. Крутизна внешних откосов кюветов в выемке и канав должна быть не менее 1:2.

Дно кювета должно иметь продольный уклон не менее 5 ‰, в исключительных случаях – 3 ‰. Для канав, расположенных на расстоянии 4 м и более от подошвы насыпи, уклон дна должен быть не менее 1 ‰.

Наибольший продольный уклон водоотводных сооружений следует определять в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна канавы с учетом допускаемой по размыву скорости течения. При невозможности обеспечения допустимых уклонов следует предусматривать быстротоки, перепады и водобойные колодцы.

На дорогах категорий I–IV на участках насыпей высотой более 3 м, при продольных уклонах более 30 ‰, а также у вершин вогнутых кривых в продольном профиле с радиусом 8000 м и менее следует предусматривать мероприятия против размыва обочин и откосов.

При водонепроницаемых грунтах и недостаточно удовлетворительных условиях поверхностного стока боковым канавам придают трапециевидное сечение с шириной по дну – 0,4–0,5 м и глубиной до 0,7–0,8 м, считая от бровки насыпи. Откосам канав в выемках придают заложение 1:1,5, а у низких насыпей внутренний откос канав устраивают с заложением 1:3.

Если земляное полотно возводят в сухих местах с обеспеченным быстрым стоком поверхностных вод, а грунтовые воды расположены глубоко, боковые каналы устраивают в виде треугольных лотков глубиной не менее 30 см. Крутизна откосов лотков 1:3 дает автомобилям возможность съезжать в случае необходимости с дороги. При водопроницаемых песчаных, щебеночных и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, каналы не делают. Поперечное сечение кюветов, трапециевидное и треугольное отражено на рис. 6.2.

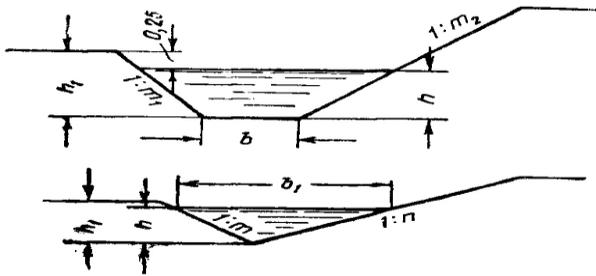


Рис. 6.2. Поперечное сечение кюветов: трапециевидное, треугольное

В выемках, расположенных в гравелистых, щебеночных или слабых, легко выветривающихся породах, устраивают трапециевидные канавы глубиной не менее 0,3 м с откосами 1:1. В прочном скальном грунте делают треугольные лотки глубиной не менее 0,3 м с внутренним откосом 1:3 и внешним откосом 1:1–1:0,5 м в зависимости от вида грунта.

Глубину канав в равнинной местности назначают по опыту эксплуатации в указанных выше пределах, проверяя в случаях необходимости (при притоке воды с окружающей местности) пропускную способность канав гидравлическими расчетами.

Боковые водоотводные канавы (кюветы) приведены на рис. 6.3.

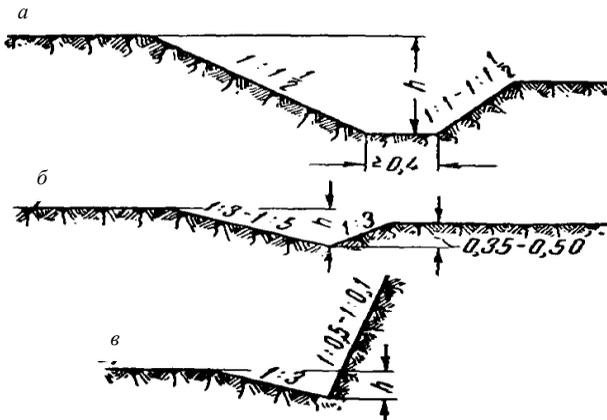


Рис. 6.3. Боковые водоотводные канавы (кюветы):
а – трапециевидного сечения; б, в – треугольного сечения

Для предохранения канавы от размыва текущей водой (что происходит при больших продольных уклонах и слабых на размыв грунтах), дно и откосы канав укрепляют. В песчаных грунтах кюветы следует укреплять ориентировочно при продольном уклоне более 10 %, в связных грунтах – более 20 %. При уклонах 10–30 % дно и откосы канав укрепляют одерновкой, щебнем (рис. 6.4, а), при 30–50 % применяют мощение камнем (рис. 6.4, б), а при уклонах более 50 % устраивают перепады и быстротоки (рис. 6.5, 6.6).

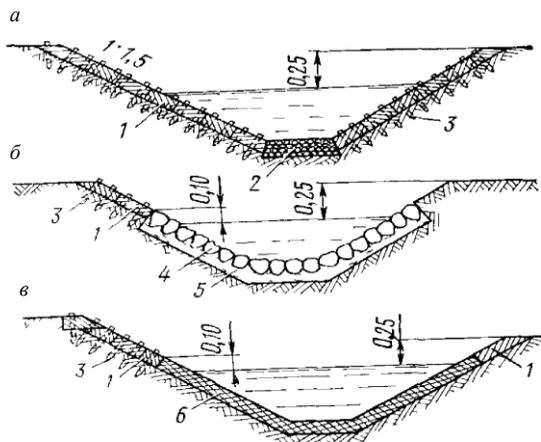


Рис. 6.4. Укрепление откосов кюветов:
 а – сплошной одерновкой; б – мощением камнем;
 в – вяжущими органическими материалами

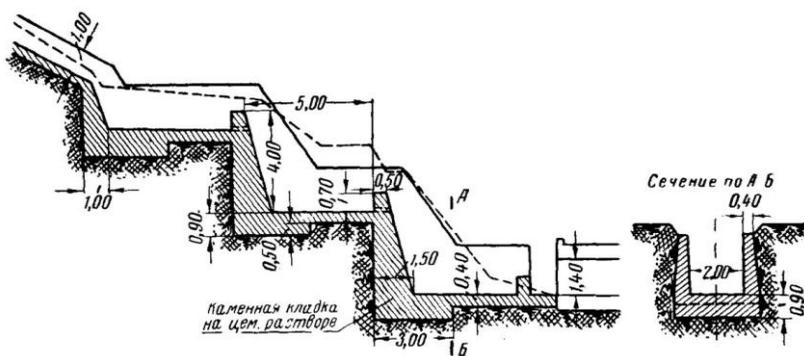


Рис. 6.5. Многоступенчатый колодезный перепад

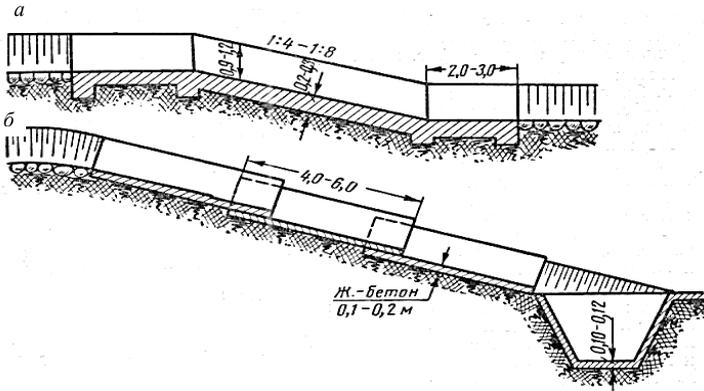


Рис. 6.6. Быстроток: *а* – бетонный, *б* – железобетонный

Перепад представляет собой вертикальную стенку высотой 0,3–0,5 м из камня, дерева, бетона или железобетона с укрепленными подходами, откосами и водобоем. При затяжных уклонах на кюветах может быть устроено последовательно несколько перепадов – каскад. Между перепадами на каскаде дну придают продольный уклон, в результате чего не происходит размыва грунтов текущей водой (устанавливают гидравлическим расчетом).

Для стока воды по резерву дну его по окончании земляных работ тщательно планируют с уклоном 20 ‰ от насыпи.

Резервам, ширина которых превышает 6 м, придают вогнутый профиль с уклонами к середине. При продольном уклоне резерва менее 5 ‰ для лучшего отвода воды в середине резерва делают канаву шириной по дну 0,4–0,5 м (рис. 6.7). Канавы, отводящие воду из резервов, должны быть обязательно укреплены против размыва.

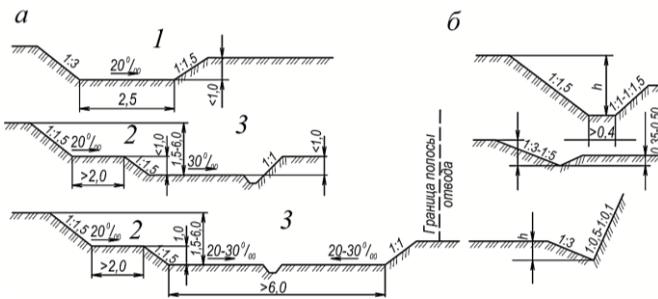


Рис. 6.7. Виды водоотводных канав:

а – канавы, совмещенные с боковыми резервами; *б* – трапециевидные и треугольные боковые канавы (кюветы); 1 – кювет-резерв; 2 – берма; 3 – резерв

Вода из боковых канав должна выводиться в пониженные места не реже, чем через 500 м. Если дорога проходит по склону, для вывода из канавы, расположенной с нагорной стороны, под земляным полотном прокладывают перепускные трубы (рис. 6.8).

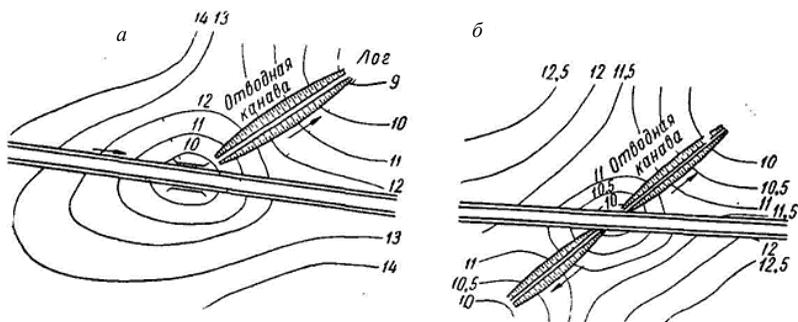


Рис. 6.8. Водоотводная канавы:
а – с устройством трубы; б – без устройства трубы

В местах перехода дороги из выемки в насыпь канавы отводят с нагорной стороны в резерв, а с низовой выводят на поверхность грунта в сторону от выемки.

Водоотводные канавы предназначены для выпуска воды из боковых канав или находящихся недалеко от дороги котловин в расположенные поблизости пониженные места. Сечение водоотводных канав обычно принимается равным сечениям тех канав, из которых отводится вода.

Для лучшего пропуски воды и для уменьшения объемов земляных работ откосы водоотводных канав следует устраивать наибольшей крутизны, допустимой по условиям устойчивости грунтов.

Во избежание размыва и заиливания водоотводные канавы сопрягают с естественными водотоками по плавной кривой с радиусом, не меньше десятикратной ширины канавы поверху.

Нагорные канавы служат для перехвата воды, стекающей по косогору к дороге, и для отвода ее к ближайшим искусственным сооружениям, в резерв и в пониженные места рельефа (рис. 6.9).

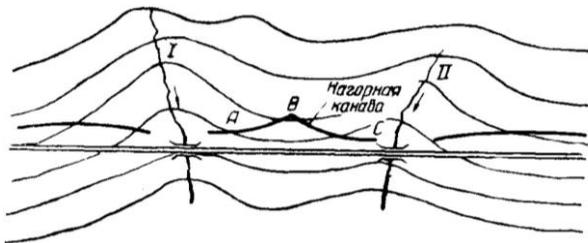


Рис. 6.9. Нагорные каналы

Нагорным каналам придают трапециевидальное поперечное сечение, размеры которого обосновываются гидравлическим расчетом. При расчете учитывают увеличение бассейна канавы по мере удаления от водораздела, поэтому сечение нагорных канав подбирают по отдельным участкам по мере возрастания площади водосборных бассейнов. Вместо одной большой нагорной канавы могут быть устроены две параллельные канавы меньшего сечения на некотором расстоянии одна от другой.

Нагорные каналы трассируют на местности с таким продольным уклоном, при котором вода не размывала бы грунт.

Для предупреждения оползания откосов выемки в местах перувлажнения грунта, которое может возникнуть в результате случайного засорения нагорных канав, расстояние 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. Банкет предохраняет дорогу от затопления при переполнении нагорной канавы (рис. 6.10).

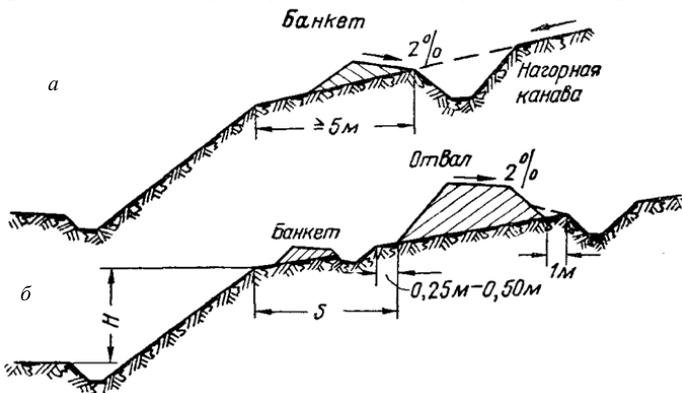


Рис. 6.10. Устройство нагорной канавы и земляного отвала:
 а – с устройством банкета; б – с устройством банкета и кавальера

По боковым, водоотводным и нагорным канавам вода стекает со скоростью, зависящей от их продольного уклона, поперечного профиля канавы, глубины потока и степени шероховатости стенок канавы. При скорости течения, меньшей 0,4–0,5 м/с, взвешенные в воде грунтовые частицы выпадают из потока и образуют отложения наносов. Канавы засоряются, и в ней возникает застой воды.

Канавам придают продольный уклон, который должен быть не менее 3–5 ‰. Если этому требованию удовлетворить нельзя, рабочая отметка насыпи должна быть увеличена, чтобы поверхность покрытия заметно возвышалась над уровнем длительного стояния поверхностных вод.

На участках дорог с большими продольными уклонами боковые канавы укрепляют по гидравлическому расчету исходя из количества воды, притекающего к отдельным участкам канавы с дороги и прилегающей местности. Расчет ведут по отдельным участкам, учитывая постепенное увеличение расхода.

В тех случаях, когда сечение канав назначают не по гидравлическому расчету, тип укрепления принимают в зависимости от продольного уклона на основе многолетней практики (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Продольные уклоны канав

Типы укрепления	Уклоны, ‰	
	В песчаных грунтах	в суглинистых грунтах
Без укрепления	До 10	До 20
Одерновка	10–30	20–30
Мощение	30–50	30–50
Перепады и быстротоки	50	50

На больших уклонах дну канав придают ступенчатый продольный профиль, устраивая перепады из сборных железобетонных элементов, бетона, укладываемого на месте каменной кладки. Прилегающие к перепаду участки дна канавы укрепляют мощением. Между перепадами дну канавы придают уклон, не требующий укрепления или соответствующий принятому типу укрепления.

Когда нельзя отвести воду от дороги по боковым и водоотводным канавам в естественные понижения рельефа, устраивают в стороне от дороги испарительные бассейны (рис. 6.11).

Они представляют собой котлованы, вокруг которых делают земляные валики для того, чтобы преградить доступ воды с окружающей местности. Иногда вместо специальных испарительных бассейнов можно использовать резервы глубиной до 0,4 м, которые в этом случае располагают на большем расстоянии от дороги, чем обычно.

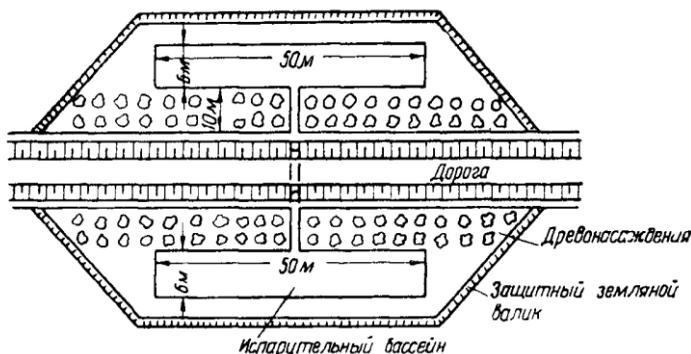


Рис. 6.11. Схема испарительного бассейна

Вместимость одного испарительного бассейна не должна превышать 200–300 м, глубина – 1,5 м, а уровень воды должен быть на 0,6 м ниже отметки бровки земляного полотна. Расчет испарительных бассейнов сводится к подбору такой их вместимости, чтобы количество влаги, стекающей с земляного полотна во время дождя, успевало испариться за период между дождями. Испарительные бассейны допускается устраивать лишь в местностях, где климатические условия (небольшое количество осадков, высокая среднегодовая температура воздуха и сильные ветры) способствуют высокой испаряемости.

Для испарительных бассейнов требуется дополнительный отвод земли. Если за ними постоянно не ухаживать, бассейны зарастают сорняками и становятся источниками засорения прилегающих полей. Поэтому на участках с затрудненным водоотводом всегда целесообразно проектировать земляное полотно в насыпях с таким возвышением бровки, чтобы избежать необходимости устройства канав и испарительных бассейнов.

Грунтовые и поверхностные воды, которые могут влиять на прочность и устойчивость земляного полотна или на условия производства работ, следует перехватывать или понижать дренажными устройствами.

Подземный водоотвод используется для уменьшения влияния грунтовых вод на земляное полотно (рис. 6.12).

Для предотвращения действия грунтовых вод на земляное полотно и дорожную одежду может быть предусмотрено достаточное возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, устройство в теле земляного полотна прослоек для прерывания перемещения капиллярной, пленочной и парообразной влаги, а также дренажей для понижения уровня грунтовых вод.

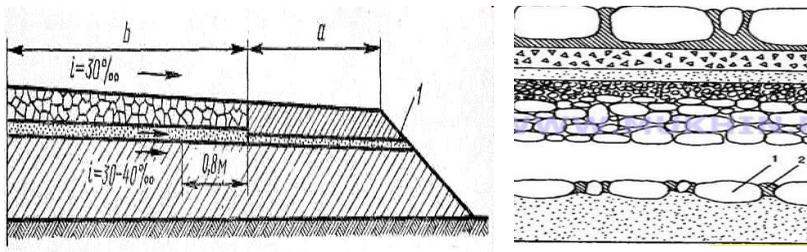


Рис. 6.12. Подземный водоотвод с устройством дренажирующих слоев

Для отвода воды с проезжей части по откосам земляного полотна устраивают поперечные водосбросные лотки открытого или закрытого типа с дождеприемными колодцами. Расстояние между поперечными водосбросными лотками зависит от ширины покрытия, с которого собирается сток поверхностных вод, и от продольного уклона проезжей части дороги.

К системе подземного дорожного водоотвода относится также подстилающий (дренирующий) слой дорожной одежды из песка, гравия и других крупнозернистых материалов, который собирает воду, проникающую через обочины, трещины и швы в покрытиях. Воду из песчаного слоя в особо благоприятных гидрологических условиях отводят на откосы насыпи или в боковые канавы дренажными воронками (рис. 6.13).

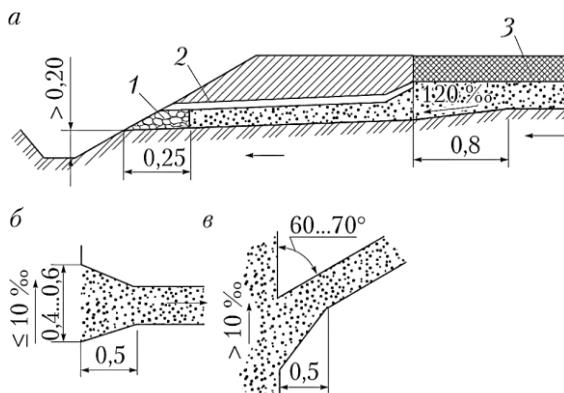


Рис. 6.13. Дренажные воронки: а – разрез по полотну дорог; в – примыкание к песчаному слою при малых уклонах; б – тоже при уклоне более 10 ‰; 1 – прослойка дерна; 2 – щебень или гравий; 3 – дорожная одежда

В весенний период дренирующий слой скапливает в себе воду, которая выделяется из верхних слоев земляного полотна при таянии ледяных прослоек, образовавшихся на пучинистых участках в процессе зимнего водонакопления. Дренирующие песчаные слои особенно важно устраивать при пылеватых грунтах земляного полотна.

В зависимости от ширины проезжей части и климатического района строительства песчаные материалы для дренирующего слоя должны в уплотненном состоянии иметь коэффициент фильтрации не менее 1,0 м/сут. Толщину песчаного подстилающего слоя назначают не менее указанной в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Толщина песчаного подстилающего слоя

Покрытия	Грунты земляного полотна	Толщина подстилающего слоя, см, при увлажнении		
		избыточном	нормальном	недостаточном
Цементобетонные	Мелкие пески	15	10	10
	Супеси	20–25	15–20	10
	Суглинки тяжелые и глины	25–35	20–25	15
	Пылеватые грунты	35–50	25–40	15–20
Нежесткие на дорогах I–III категорий	Мелкие пески	10	–	–
	Супеси	20	15	10
	Суглинки тяжелые и глины	30	20	15
	Пылеватые грунты	35	25	20
Нежесткие на дорогах IV–V категорий	Мелкие пески	10	10	–
	Супеси	15	15	10
	Суглинки тяжелые и глины	25	20	15
	Пылеватые грунты	30	20	15

Дренажные воронки заполняют хорошо дренирующим материалом (однозернистым щебнем, галькой размером 40–60 мм и др.), по которому вода просачивается из земляного полотна. Дренажные воронки имеют сечение 0,4×4,2 м, их располагают через 4–6 м в шахматном порядке.

Пропускная способность дренажных воронок невелика, поэтому для отвода воды, заполнившей поры песчаного основания, требуется значительное время. Обочины, покрытые зимой более толстым слоем снега, чем проезжая часть, начинают оттаивать примерно на неделю позже, чем грунт под проезжей частью. В наиболее ответственный для службы дороги период весеннего оттаивания воронки находятся в промерзшем состоянии и не могут отводить воду, выделяющуюся при оттаивании грунта земляного полотна под проезжей частью и скапливающуюся в песчаном слое дополнительного основания.

Значительное увеличение пропускной способности воронок возможно путем их уширения. Соседние дренажные воронки могут сливаться. В этом случае под обочинами на откосы выводится песчаный (дренирующий) слой на всем протяжении дороги. Такое устройство песчаного слоя имеет также некоторые технологические преимущества.

В местах с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями воду из дренирующего слоя отводят поперечными дренажными трубками из асбестоцементных или керамических труб (рис. 6.14). Вместо труб могут быть устроены прорезы, заполненные крупным дренирующим материалом.

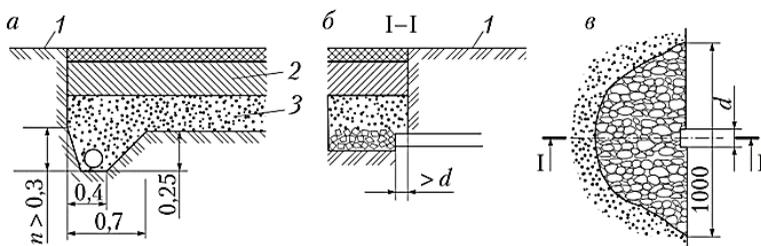


Рис. 6.14. Дренажные трубы для осушения песчаного основания:
a – продольная дрена; *б* – поперечная дрена; *в* – поперечная дрена в плане;
1 – обочина; *2* – дорожная одежда; *3* – песчаное основание

При использовании дренажных труб необходимо принимать меры, предотвращающие проникновение потока холодного воздуха в земляное полотно.

Закрытый дренаж (рис. 6.15) состоит из уложенной в грунте дрены – трубы (гончарной, керамической, бетонной или деревянной), в стенах которой могут быть малые отверстия для приема воды.

Обычно вода поступает в эти трубы в стыках между звеньями, которые укладываются концами на специальные подкладки, исключающие смещение одного звена относительно другого. Чтобы труба не засорялась грунтом, ее окружают пористой засыпкой, крупность которой уменьшается по направлению к стенкам траншеи. Пористая засыпка собирает притекающую из грунта воду, которая стекает по трубе. В некоторых случаях вместо трубы укладывают каменную наброску.

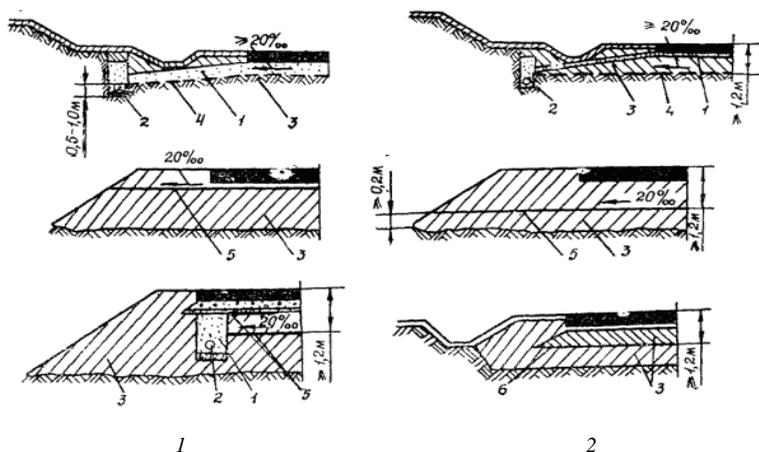


Рис. 6.15. Закладка дренажных труб: 1 – дренирующий слой; 2 – дренажная труба

Дренажи можно использовать как для понижения уровня грунтовых вод, так и для перехвата грунтовой воды, притекающей к дороге со стороны. Осушающее действие дренажей заключается в том, что при заглублении в грунт ниже уровня грунтовых вод труба или канава отводит воду, просачивающуюся из прилегающей части грунта, в результате чего вблизи от дренажа образуется осушенная зона.

6.3. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне и процесс пучинообразования

Для автомобильных дорог, располагающихся в умеренно-континентальном климате с теплым летом и прохладной зимой, характерны процессы зимнего перераспределения влаги в земляном полотне, приводящие к накоплению влаги в верхних слоях грунта.

В процессе замерзания в теле земляного полотна создается разность температур в пределах от 4–6 °С выше нуля у уровня грунтовых вод до отрицательных температур в промерзшем верхнем слое грунта. Под влиянием разности температур влага начинает перемещаться от теплого грунта к границе промерзания.

В пределах промерзшей толщи грунта вода в капиллярах замерзает при температуре (–0,2) °С. При понижении температуры ниже 0 °С

вода, замерзая, образует в отдельных крупных порах кристаллы льда (рис. 6.16).

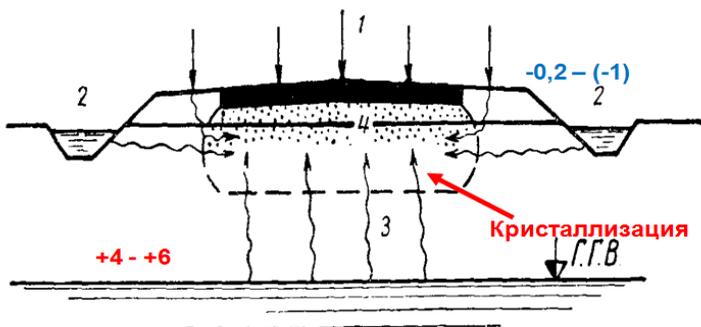


Рис. 6.16. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне:
1 – атмосферные осадки; 2 – застаивающаяся в кюветах вода;
3 – грунтовые воды; 4 – капиллярная вода

Молекулы воды в поверхностных слоях водных пленок на грунтовых частицах, соприкасающихся с кристаллами льда, при понижении температуры начинают подтягиваться к кристаллам льда, включаясь в их кристаллическую решетку. В мелкозернистых грунтах эти кристаллы постепенно увеличиваются в объеме, притягивая к себе влагу из окружающего грунта и из расположенных ниже незамерзших слоев грунта. Возникающая всасывающая сила, природа которой в полной мере еще не изучена, заставляет воду по системе пленок и тонких капилляров передвигаться из незамерзших слоев к центрам замерзания, вызывая накопление в грунте прослоек льда.

Перемещение влаги протекает интенсивно при температурах от 0 до минус 3 °С. При более низких температурах большая часть рыхло связанной пленочной воды замерзает и перемещение влаги в грунте практически прекращается.

Растущие ледяные кристаллы, заполняя поры, имеющиеся в грунте, образуют ледяные прослойки, которые раздвигают грунтовые частицы и вызывают поднятие (пучение) грунта, приводящие к появлению взбугриваний.

Морозное пучение, связано с тем, что в процессе замерзания влажный грунт увеличивается в объеме. Происходит это из-за того, что вода увеличивается в объеме при замерзании на 12 %. Поэтому, чем больше воды в грунте, тем он более пучинистый.

Пучинистость грунта определяется его составом, пористостью, а также уровнем грунтовых вод. Глинистые грунты, мелкие и пылеватые пески относятся к пучинистым грунтам, а крупнозернистые песчаные и гравийные грунты – к непучинистым.

При весеннем оттаивании грунта сопротивление оттаявшего сильно увлажненного грунта земляного полотна нагрузкам резко снижается. На дорогах, где дорожная одежда имеет недостаточную прочность, возникают характерные деформации, связанные с проломами дорожной одежды (весенние пучины).

Сопротивление, оказываемое весом расположенных выше слоев грунта, затрудняет накопление льда и противодействует образованию ледяных прослоек. Поэтому с увеличением глубины промерзания интенсивность образования в грунте ледяных кристаллов уменьшается. Глубину, на которой кристаллы практически перестают образовываться, называют критической глубиной промерзания.

Процесс перемещения влаги и ее накопление в мерзлом грунте наиболее интенсивно протекает в пылеватых грунтах с большим содержанием частиц размером от 0,05 до 0,002 мм. В этих грунтах поверхность грунтовых зерен достаточно развита, чтобы обеспечить подтягивание к центрам кристаллизации большого количества пленочной воды. Поры грунта также достаточно крупны, чтобы в них происходило и парообразное перемещение влаги.

В грунтах с большим содержанием глинистых частиц вода перемещается замедленно, поскольку в тончайших порах глинистых грунтов вязкость связанной воды очень велика, а микроструктура грунтов создает значительные сопротивления для перемещения влаги.

Характеристикой интенсивности процесса зимнего пучения является коэффициент пучения $K_{\text{п}}$, который выражает отношение высоты поднятия поверхности грунта к глубине промерзания.

При благоприятных грунтово-гидрологических условиях $K_{\text{п}} = 2 : 3 \%$. В неблагоприятных случаях, например при близком к поверхности грунта стоянии уровня грунтовых вод, $K_{\text{п}}$ может достигать 15–20 %.

В зависимости от источников увлажнения земляного полотна может происходить по одной из трех схем.

1. Сухие местности с обеспеченным стоком поверхностных вод, глубоким залеганием уровня грунтовых вод и относительно малым количеством осадков.

Накопление влаги в верхних слоях земляного полотна происходит в этом случае путем ее парообразного перемещения, конденсации и перераспределения пленочной влаги в зоне отрицательных температур.

2. Районы с достаточным количеством осадков и затрудненным стоком воды от земляного полотна.

За осенние месяцы верхний слой грунта насыщается влагой и в нем создается столб подвешенной капиллярной воды со средней влажностью, превышающей 0,6 от предела текучести грунта.

Увлажнение грунта в зоне отрицательных температур происходит в результате подтягивания капиллярно-подвешенной и пленочной воды.

3. В местностях с близким от поверхности стоянием уровня грунтовых вод (постоянно сырые места) осенняя влажность грунта может быть принята равной капиллярной влагоемкости грунта.

Снижение отрицательного влияния на земляное полотно процесса пучинообразования возможно в результате осуществления ряда мероприятий (рис. 6.17).



Рис. 6.17. Мероприятия по снижению процесса пучинообразования

6.4. Основные типы и конструкции водопропускных и инженерных сооружений

Размещение автомобильной дороги на местности связано с пересечением постоянных и временных водных объектов: рек, ручьев, каналов, озер, а также временно подтопляемых территорий. Для пересечения этих преград на автомобильных дорогах устраивают искусственные (инженерные, водопропускные) сооружения: броды, лотки, фильтрующие дамбы, мосты, трубы, путепроводы, эстакады, паромные переправы. Наибольшее распространение получили водопропускные сооружения – мосты и трубы, а также лотки и броды.

В зависимости от категории дороги и характера водного препятствия проектируются переходы, обеспечивающие постоянное беспрепятственное движение по дороге или с перерывами в некоторые периоды года.

Решение о способе пересечения водного препятствия, о конструкции и размерах сооружения принимается на основе технико-экономического обоснования, в зависимости от значения и технической категории проектируемой дороги, характера, величины и режима водотока, гидрологических условий, рельефа местности и наличия местных строительных материалов. Иногда стоимость сооружений на пересечении водных препятствий достигает до 20 % стоимости строительства дороги.

Возможные инженерных сооружения, в зависимости от вида водного препятствия представлена в табл. 6.3.

Таблица 6.3. **Применяемы инженерные сооружения при пересечении водных препятствий**

Инженерное сооружение	Водное препятствие
Постоянные мосты Наплавные мосты Паромные переправы	Большие реки
Постоянные мосты Наплавные мосты Паромные переправы Броды	Средние и малые реки
Постоянные мосты Мосты-лотки Фильтрующие насыпи Броды	Малые постоянные водотоки
Дамбы Наплавные мосты Паромные переправы	Озера, водохранилища, пруды

Инженерное сооружение	Водное препятствие
Постоянные мосты Трубы Фильтрующие насыпи Броды Лотки	Временно действующие водотоки с заливными территориями
Постоянные мосты Трубы	
	Мелиоративные каналы

Через малые постоянные водотоки с плотным гравелистым дном и глубиной до 0,3–0,4 м вместо мостов и труб возможно устраивать броды (рис. 6.18). На периодически действующих водотоках можно сооружать лотки – укрепления из камня в пределах пересечений дорогой временных водотоков.

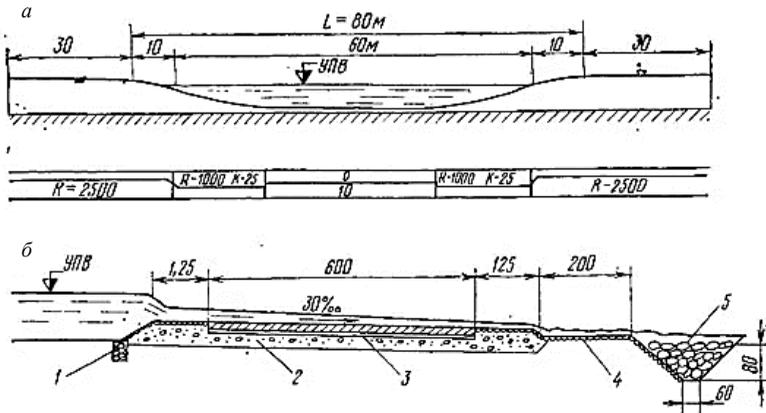


Рис. 6.18. Конструкция брода на автомобильной дороге:

a – разрез по оси дороги; *б* – разрез по оси потока:

- 1 – бутовая кладка; 2 – песчано-гравийное основание; 3 – цементбетонное покрытие;
4 – одиночное мощение на растворе; 5 – каменная наброска

Брод – неглубокое место в реке, ручье или другом водном объекте, по которому можно их пересечь по дну на автомобиле.

Берега водотока, на котором устраивают броды или лотки, должны быть пологими, с уклоном не более 100 ‰. В пределах брода и лотка дорогу укрепляют камнем, щебнем, гравием.

Переправу в брод оборудуют на мелководных участках реки с достаточно твердым грунтом дна и берегов, с удобными съездами в воду и выездами из воды.

При оборудовании переправы в брод необходимо:

- устранить заграждения и препятствия, мешающие движению транспорта (камни, коряги и др.);

- отдельные глубокие места (ямы, воронки, выбоины или дно со слабым грунтом) забросать камнем, мешками с песком);

- оградить и обозначить вехами неустранимые заграждения и препятствия;

- обозначить границы брода через 5–10 м парными указателями (вехами), а для движения в темное время суток – створными фонарями или светящимися знаками с направленным светом; указатели должны возвышаться над поверхностью воды на 20–40 см;

- оборудовать съезды в воду и выезды из воды шириной не менее 7 м и с уклоном не более 10 %

- по берегам водотока установить указательные знаки с информацией о максимальной глубине брода и его ширине.

При пересечении сельскохозяйственными дорогами больших водных преград могут устраивать паромные и ледяные переправы, а также затопляемые и наплавные мосты с затопляемыми на период паводка подходами.

Паромная переправа (рис. 6.19) состоит из парома и причальных устройств.

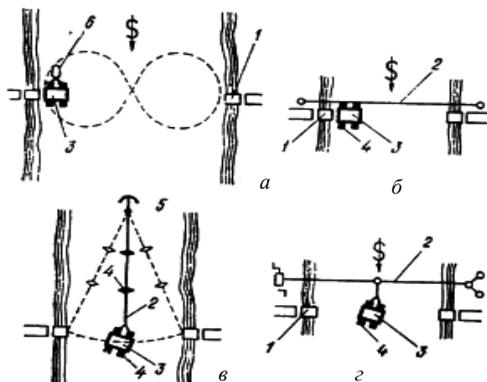


Рис. 6.19. Схема паромных переправ: а – буксирная; б – с поперечным канатом; в – паром-самолет с продольным канатом; г – паром-самолет с поперечным канатом; 1 – причал; 2 – канат; 3 – паром; 4 – лодка; 5 – якорь; б – буксир

Паром – это курсирующее между берегами плоскодонное судно или устроенный на плоскодонных беспалубных лодках (пашкоутах), плот, используемый для перевозки людей, животных, различных грузов, техники. Перемещается паром путем буксировки катером или моторной лодкой, а также с помощью собственного двигателя. При ширине водотока до 200 м паром может передвигаться вдоль протянутого между берегами троса с помощью двигателя.

При скорости течения воды в реке более 1 м/с паром может двигаться за счет энергии течения. Для этого с помощью тросов паром укрепляют под некоторым углом к направлению течения, в результате чего возникает боковое давление воды, которое и перемещает паром поперек реки. Это так называемый паром-самолет. Конструктивно схема парома-самолета может осуществляться с продольным (рис. 6.19, в) или поперечным (рис. 6.19, з) канатом.

Паромные переправы – дешевое средство преодоления водных преград, однако непрерывность движения по дороге в отдельные периоды года, во время ледохода, нарушается. Кроме того, паромная переправа работает циклично, и транспорту приходится ожидать на берегу очередного рейса, что снижает среднюю скорость движения по дороге и ее пропускную способность. Поэтому при большой интенсивности движения встает вопрос о целесообразности строительства вместо паромной переправы мостового перехода, что должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

Опорами пролетных строений наплавных мостов служат понтоны, баржи, плоты. Подходы к такому мосту выполняют в виде эстакад на свайных опорах (рис. 6.20). Для пропуска судов в плавучей части моста предусматривают специальные разводные пролеты. Наплавные мосты могут быть деревянными, металлическими и комбинированными.

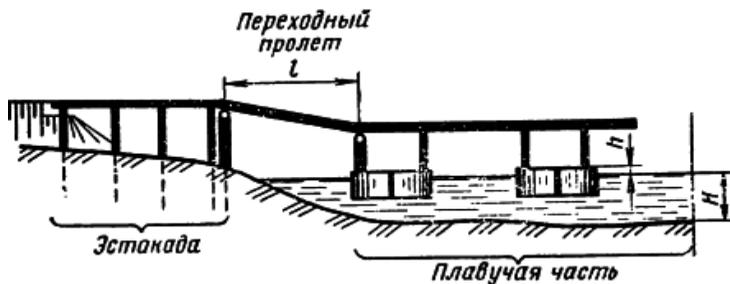


Рис. 6.20. Наплавной мост

На временных водотоках со сравнительно небольшими расходами воды (до $10 \text{ м}^3/\text{с}$) при обилии местного камня возможно устраивать фильтрующие дамбы. Они представляют собой насыпи из камня, работающие как водопропускные сооружения при фильтрации через них воды.

По режиму работы фильтрующие дамбы бывают безнапорные, в которых поверхность потока воды устанавливается по поверхности депрессии; с напорной фильтрацией, в которых вода движется равномерно под напором (рис. 6.21).

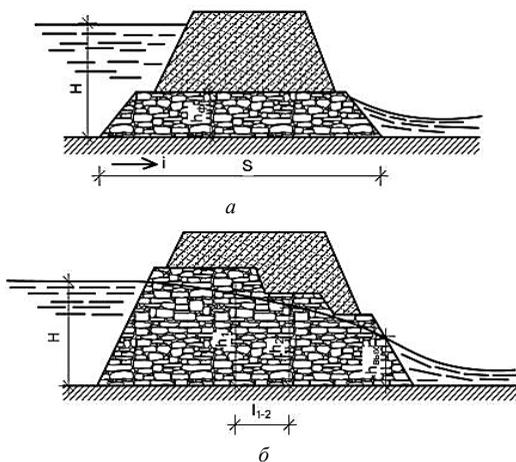


Рис. 6.21. Фильтрующая дамба:
a – с напорной фильтрацией; *б* – с безнапорной фильтрацией

Основными видами водопропускных сооружений (около 85 % общего их числа) на автомобильных дорогах являются дорожные трубы.

Дорожная труба – инженерное сооружение, расположенное в теле насыпи автомобильной дороги, предназначенное для пропуска водного потока, дороги, пешеходов или животных.

Труба устраивается в нижней части насыпи дороги для пропуска сравнительно небольших расходов воды (до $6\text{--}10 \text{ м}^3/\text{с}$) на периодически действующих водотоках. Практика показывает, что при небольших расходах устройство труб дешевле, чем возведение малых мостов.

Трубы удобнее в эксплуатации, так как позволяют сохранить непрерывность земляного полотна и покрытия, что повышает скорость и безопасность движения (рис. 6.22).

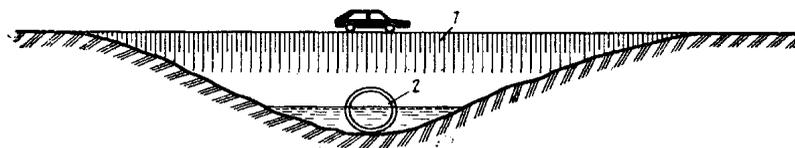


Рис. 6.22. Схема расположения трубы: 1 – земляное полотно; 2 – круглая труба

Дорожные трубы классифицируют:

- по количеству отверстий (одноочковые, двухочковые и многоочковые);
- форме поперечного сечения;
- материалам;
- назначению (для пропуска водного потока, дороги, пешеходов, животных).

Число труб и мостов на дорогах зависит от климатических условий, густоты гидрографической сети и рельефа местности. Трубы желательно возводить капитального типа (железобетонные, каменные, бетонные).

В поперечном сечении трубы могут быть круглыми, прямоугольными, треугольными, трапециевидными, эллиптическими и овальными. Наиболее распространены круглые трубы. Отверстия круглых труб принимают стандартных диаметров: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 и 2,0 м – в зависимости от пропускаемого расхода воды.

Труба состоит из входного и выходного оголовков и отдельных звеньев, изготавливаемых заводским способом. Дорожная труба включает ряд элементов (рис. 6.23).

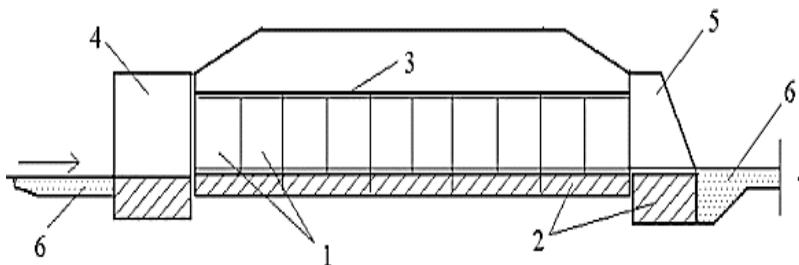


Рис. 6.23. Дорожная труба: 1 – звенья трубы; 2 – фундаменты; 3 – гидроизоляция; 4 – входной оголовок; 5 – выходной оголовок; 6 – укрепления русла водотока

Оголовки и звенья покоятся на бетонных фундаментах. Иногда их укладывают также на фундамент из уплотненного грунтощебня или глинобетона. Для уменьшения просачивания воды стыки (швы) между элементами трубы заделывают гидроизоляционными материалами.

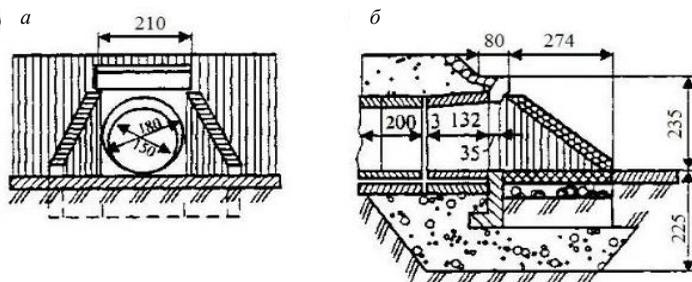


Рис. 6.24. Круглая одноочковая железобетонная труба:
а – входной оголовок; б – продольный разрез

По своим конструктивным особенностям и виду оголовки трубы могут (рис. 6.25).

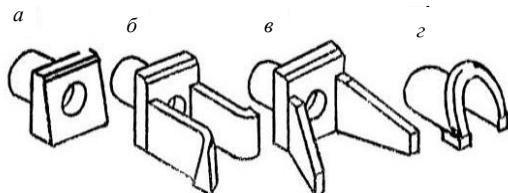


Рис. 6.25. Оголовки дорожной трубы:
а – порталный; б – коридорный; в – раструбный; з – воротниковый

Для упрощения организации работ стараются обходиться наименьшим числом диаметров звеньев, поэтому для пропуска расходов различной величины применяют одно-, двух-, или трехочковые трубы. Используют также оцинкованные металлические гофрированные трубы, которые примерно на 20 % экономичнее железобетонных.

При пересечении постоянных и временных водотоков на автомобильных дорогах устраивают мостовые переходы.

Мостовой переход – комплекс инженерных сооружений, предназначенный для перехода через водоток.

При строительстве мостового перехода возводят мостовое сооружение.

Мостовое сооружение – инженерное сооружение, состоящее из опор и пролетных строений и предназначенное для пропуска через препятствия железнодорожного и автомобильного транспорта, пешеходов, а также коммуникаций различного назначения. К мостовым сооружениям относятся мосты, путепроводы, виадуки, эстакады, акведуки.

По назначению мостовые сооружения классифицируют на железнодорожные, автодорожные, городские, пешеходные, специальные, совмещенные, биопереходы.

При пересечениях автомобильных и железных дорог, трамвайных путей и улиц в разных уровнях сооружают путепроводы (рис. 6.26, *а*).

Виадуки (рис. 6.26, *б*) устраивают для проезда через глубокие ущелья, овраги и другие естественные препятствия.

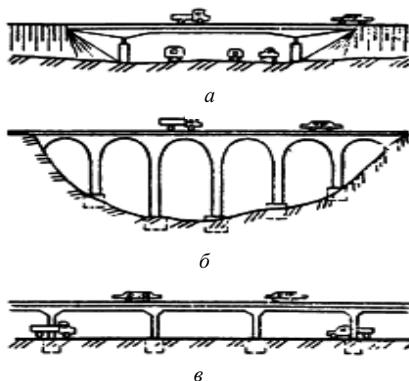


Рис. 6.26. Сооружения на автомобильных дорогах:
а – путепровод; *б* – виадук; *в* – эстакада

В отличие от эстакад (рис. 6.26, *в*), которые, как правило, имеют опоры одинаковой высоты и сооружаются вместо высоких насыпей или дамб, опоры виадуков имеют разную высоту. Эстакады обычно применяют в тех случаях, когда дорога пересекает населенные пункты, чтобы не создавать помех для местного движения и не занимать ценных земель. Эти сооружения более характерны для дорог высоких категорий.

Автомобильные мосты могут быть самых различных конструкций: балочные разрезные и неразрезные, арочные, рамные, висячие, вантовые с балкой жесткости, плитные разрезные, комбинированные и др. (рис. 6.27).

Балочный – самый простой вид мостов. Предназначены для перекрытия небольших пролётов. Пролётные строения – балки, перекрывающие расстояние между опорами.

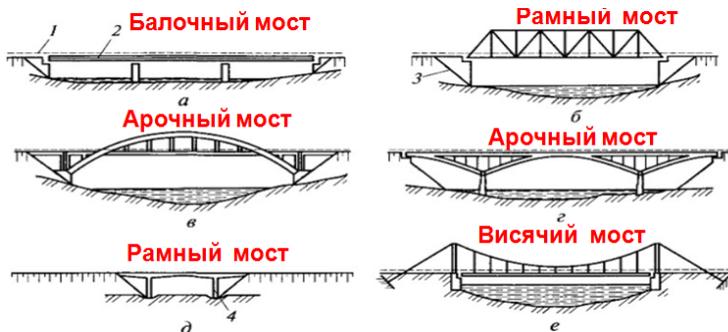


Рис. 6.27. Виды мостов: а – балочный; б, д – рамный; в, г – арочный; е – висячий; 1 – береговые устои; 2 – пролетное строение; 3 – конус насыпи; 4 – быки

Рамная система состоит из рам, стойки которых выполняют роль опор.

Висячие – мост, в котором основная несущая конструкция выполнена из гибких элементов (канатов, цепей и др.), работающих на растяжение, а проезжая часть подвешена. Этот вид представляют все крупнейшие по длине и высоте пролёта мосты мира.

Арочные – основными несущими конструкциями являются арки или своды.

Понтонные, или наплавные – временные мосты на плавучих опорах.

При проектировании мостовых сооружений на республиканских дорогах категорий I-а–II предпочтение следует отдавать неразрезным и рамным конструкциям.

На сельскохозяйственных дорогах наибольшее распространение получили балочные мосты как наиболее простые по конструкции и в изготовлении (рис. 6.28).

Балочный мост, который состоит из одного или нескольких пролетных строений, поддерживающих проезжую часть дороги. Пролетные строения опираются на устои и быки.

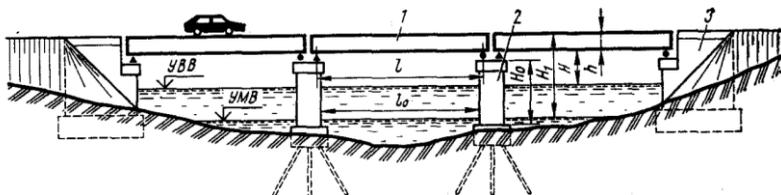


Рис. 6.28. Балочный 3-пролетный мост: 1 – пролетное строение; 2 – быки; 3 – береговые устои; l – длина пролетного строения; l_0 – длина пролета в свету; h – высота пролетного строения; УВВ – уровень верховых вод; УМВ – уровень меженных вод

Устои – это массивные береговые опоры, а быки – промежуточные. Следовательно, у однопролетного моста быков нет.

Расстояние l_n между точками опоры пролетного строения называют расчетным пролетом, а расстояние между внутренними гранями опор – пролетом в свету (l_0).

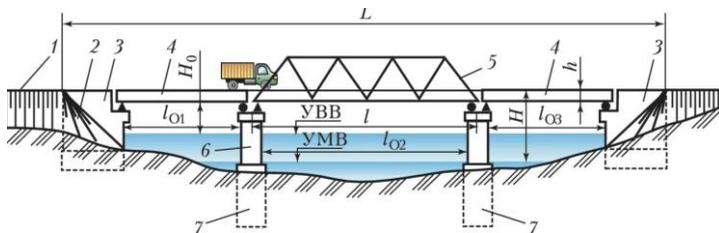


Рис. 6.29. Балочный 3-пролетный мост и его элементы: 1 – насыпь подхода; 2 – конус насыпи; 3 – устой; 4 – пролетное строение с ездой поверху; 5 – пролетное строение с ездой понизу; 6 – промежуточная опора; 7 – фундамент опоры

Суммарная ширина пролетов в свету (Σl_0), равная свободной ширине зеркала воды под мостом на уровне высоких вод (УВВ), называется отверстием моста. Типовые размеры отверстий – 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14 и 20 м.

Расстояние от самой нижней точки пролетного строения до поверхности проезжей части – строительная высота пролетного строения моста (h). Расстояние от поверхности проезжей части моста до самой низкой точки дна реки – высота моста (H).

Длина моста (L_m) – это расстояние между внешними гранями устоев, измеренное по верху моста:

$$L_m = B_{\text{тип}} + nd + 2mH_n + 0,5, \quad (6.2)$$

где B – типовое отверстие моста, м;

n – число опор моста;

d – ширина опор, м;

H_n – свободная высота моста, расстояние от УВВ до низа пролета строения, м;

m – коэффициент заложения откосов конусов моста;

H_n – свободная высота моста (м) – расстояние от УВВ до низа пролетного строения (должна быть не менее 0,5 м).

В мостах высотой 2–3 м при устройстве береговых опор (устоев) вместо конусов могут устраивать вертикальные заборные стенки. В этом случае в приведенной формуле член $2mH_n$ выпадает, а для однопролетного моста выпадает также член nd .

В зависимости от длины мосты условно разделяют на малые – длиной до 25 м; средние – 25–100 м и большие – длиннее 100 м, а также автодорожные и городские мосты длиной менее 100 м, но с пролетом свыше 60 м.

По количеству пролетов мосты подразделяются на однопролетные и многопролетные.

Строительные материалы, из которых сооружаются мосты: дерево, железобетон, камень, бетон, сталь и др. Соответственно автодорожные мосты по материалам пролетных строений мостовые сооружения классифицируют на бетонные, железобетонные, металлические, сталежелезобетонные, деревянные, композитные, каменные.

Проектный срок службы должен составлять для мостов (кроме деревянных) не менее 100 лет, деревянных мостов – не менее 25, труб – не менее 50 лет.

6.5. Расчетные нагрузки и габариты автодорожных мостов

Автодорожные мосты должны гарантировать пропуск автомобилей, тракторов и различных сельскохозяйственных машин. Для этого они должны иметь определенные размеры в поперечном измерении, определяемые габаритом.

Выделяют следующие габариты [6]: габарит приближения конструкций – предельное, перпендикулярное к продольной оси сооруже-

ния очертание пространства, внутрь которого не должны заходить какие-либо элементы сооружения или расположенных на нем устройств; габарит по ширине для мостовых сооружений – расстояние между ближайшими к продольной оси точками ограждения проезда, в которое входит и ширина разделительной полосы, не имеющей ограждений; габарит по высоте для мостовых сооружений – расстояние от поверхности проезда до верхней линии очертания габарита.

Таким образом, габаритом моста можно называть контур на его поперечно разрезе, ограничивающий пространство, свободное от каких-либо конструкций и предназначенное для безопасного движения транспорта (рис. 6.30).

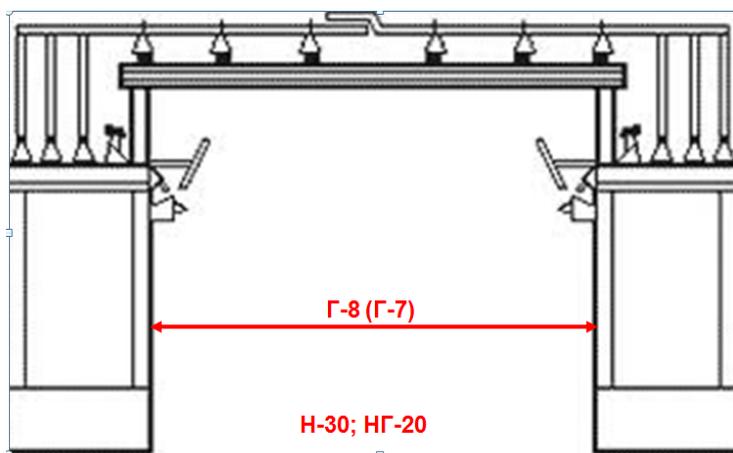


Рис. 6.30. Габарит и нагрузки моста

Габарит по ширине для мостовых сооружений обозначают буквой Γ , а габарит по высоте для мостовых сооружений – h .

Согласно СН 3.03.01-2019 «Мосты и трубы», на дорогах IV и V категорий мосты должны иметь габариты соответственно $\Gamma-8$ и $\Gamma-6,5$. Это значит, что ширина их проезжей части между бордюрами или колосоотбойными брусками должна быть равна соответственно 8 и 6,5 м. Габариты мостовых сооружений по ширине следует принимать по табл. 6.3.

Таблица 6.3. Габариты по ширине мостовых сооружений (в метрах) [6]

Категория дороги	Число полос движения	Габарит мостовых сооружений Г	Ширина	
			правой полосы безопасности (П)	проезжей части (В)
I-а	6	13,75+С+ 13,75	2,5	2×11,25
I-а	4	10 + С + 10	2,5	2×7,5
I-б, I-в	6	12,5 + С + 12,5	2,0	2×10,5
I-б, I-в	4	9 + С + 9	2,0	2×7,0
II	2	11	2,0	7,0
III	2	10	1,5	7,0
IV	2	8	1,0	6,0
V	2	6,5	0,5	5,5

Примечания:

1. Для автомобильных дорог I-а, I-б, I-в категорий указаны габариты по ширине при отсутствии ограждений на разделительной полосе. При наличии ограждений или при раздельных пролетных строениях под каждое направление движения габариты каждого сооружения, м, следует устанавливать по формуле:

$$Г = П + В + Л,$$

где В – ширина проезжей части, м;

П – ширина правой по ходу движения полосы безопасности, м;

Л – то же, левой.

Значения В и П приведены в таблице, значение Л следует принимать в соответствии с участком дороги на подходах к сооружению, но не более 2 м.

2. Ширину разделительной полосы С, м, следует принимать равной ширине разделительной полосы на подходах. На мостовых сооружениях длиной свыше 100 м при соответствующем обосновании ширину разделительной полосы допускается уменьшать, но принимать не менее чем 2 м плюс ширина ограждения.

3. Полосы безопасности меньшей ширины при соответствующем обосновании допускается принимать для мостовых сооружений длиной свыше 100 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и длиной свыше 50 м – на дорогах IV категории при условиях:

– мосты расположены на расстоянии более 100 км от Минска и более 50 км – от других городов, а расчетная интенсивность движения транспортных средств снижается в 2 раза и более по сравнению с пригородными участками;

– в случаях расположения мостов и путепроводов на участках дорог с уменьшенной шириной обочины;

– при реконструкции;

– при наличии дополнительной полосы для подъема, переходной-скоростной полосы (со стороны этих полос).

В каждом из перечисленных случаев ширина полосы безопасности должна быть не менее 1 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и 0,75 м – на дорогах IV категории.

Габариты искусственных сооружений для пропуска полевых дорог и скотопрогонов (при отсутствии специальных требований заинтересованных организаций) принимают соответственно: ширину 6 и 4 м, высоту 4,5 и 2,5 м.

Габарит мостовых сооружений по высоте над дорогами всех классов для проектируемых сооружений следует принимать не менее 5,5 м.

При расчете несущих конструкций мостов и дорожных труб на прочность учитывают все возможные нагрузки и воздействия: собственную массу, массу движущегося транспорта, динамические нагрузки, давление грунта, воды, ветра, льда и др.

Конструкции мостов следует рассчитывать на нагрузки и воздействия и их сочетания согласно табл. 6.4.

Таблица 6.4. **Виды нагрузок [6]**

Номер нагрузки (воздействия)	Нагрузки и воздействия	Номер нагрузки (воздействия), не учитываемой в сочетании с данной нагрузкой (воздействием)
А. Постоянные		
1	Собственный вес конструкций	–
2	Воздействие предварительного напряжения (в том числе регулирования усилий)	–
3	Давление грунта от веса насыпи	–
4	Гидростатическое давление	–
5	Воздействие усадки и ползучести бетона	–
6	Воздействие осадки грунта	–
Б. Временные (от подвижного состава и пешеходов)		
7	Вертикальные нагрузки	16
8	Давление грунта от подвижного состава	16
9	Горизонтальная поперечная нагрузка от центробежной силы	10, 16
10	Горизонтальные поперечные удары подвижного состава	9, 11, 12, 16
11	Горизонтальная продольная нагрузка от торможения или силы тяги	10, 13, 14, 15
Прочие		
12	Ветровая нагрузка	10, 14
13	Ледовая нагрузка	11, 14
14	Нагрузка от навала судов	11–13, 15, 16
15	Температурные климатические воздействия	14
16	Строительные нагрузки и нагрузки от эксплуатационных устройств	7–11, 14

Нормативную временную вертикальную нагрузку от подвижного состава на автомобильных дорогах общего и необщего пользования следует принимать в следующих случаях: нормальное движение по

мосту автотранспортных средств общего назначения без каких-либо ограничений; временное стеснение габарита проезда (вследствие ремонта покрытия, дорожно-транспортного происшествия и т. п.); пропуск по мосту специальных автотранспортных средств, весовые параметры которых выходят за пределы, определенные для весовых параметров автотранспортных средств общего назначения (пропуск тяжелых транспортных средств). Схемы нагрузок следует принимать в соответствии с рис. 6.31 [6].

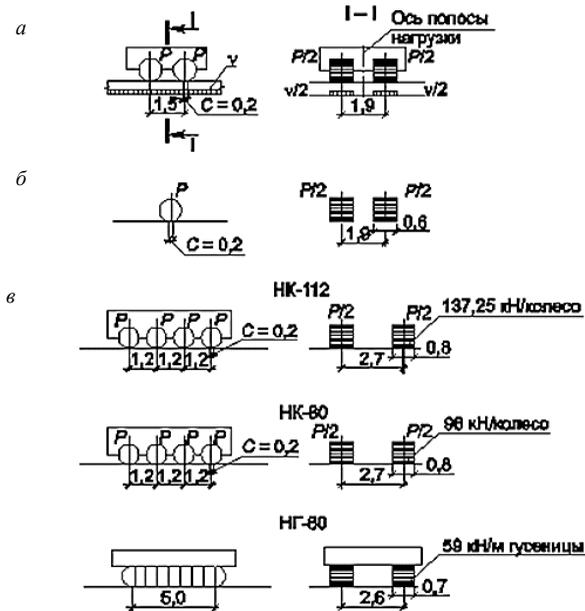


Рис. 6.31. Схемы нагрузок от подвижного состава для расчета автодорожных городских мостов: *a* – автомобильная нагрузка АК в виде полосы равномерно распределенной нагрузки интенсивностью v и одиночной тележки с давлением на ось P ; *б* – одиночная ось для проверки проезжей части мостов, проектируемых под нагрузку А8; *в* – тяжелые одиночные нагрузки НК-112, НК-80, НГ-60

Применительно к случаям 1 и 2 нормативную нагрузку принимают в виде полос автомобильной нагрузки АК (рис. 6.31, *a*), каждая из которых включает одну двухосную тележку с давлением на ось, равным 10К кН, и равномерно распределенную нагрузку интенсивностью К, кН (на обе колеи), где К – класс нагрузки.

Класс нагрузки К следует принимать равным 14 для мостов и труб на дорогах I-а–I-в, II и III категорий, для больших мостов и мостов в городах с населением более 100 000 жителей и равным 11 – для малых и средних мостов на дорогах общего пользования IV и V категорий и дорогах необщего пользования. Класс нагрузки К для деревянных мостов на дорогах V категории и мостов на автомобильных дорогах низших категорий разрешается принимать равным 8.

При загрузке полосами нагрузки АК в случае 1 должны выполняться следующие требования:

- число полос нагрузки, размещаемой на мосту, не должно превышать установленного числа полос движения;

- полосы нагрузки АК размещают в пределах проезжей части (не включающей полосы безопасности) вдоль направления движения;

- расстояние между осями смежных полос нагрузки должно быть не менее 3 м;

- оси крайних полос нагрузки АК должны быть расположены на расстоянии не менее 1,5 м от кромки проезжей части;

- нагрузкой АК загружаются также трамвайные пути, расположенные на необособленном полотне, при этом оси полос нагрузки АК следует совмещать с осями трамвайных путей;

- при многополосном движении в каждом направлении и отсутствии разделительной полосы на мосту ось крайней левой (внутренней) полосы нагрузки каждого направления должна быть расположена на расстоянии не менее чем 1,5 м от линии, разделяющей направления движения;

- если на мосту предусмотрена разделительная полоса шириной 3 м и более без ограждений, то при загрузке моста временными вертикальными нагрузками следует учитывать возможность использования в перспективе разделительной полосы для движения;

- при наличии линий влияния, имеющих три или более участков с разными знаками, тележкой загружается участок, дающий для рассматриваемого знака наибольшее значение усилия (перемещение); равномерно распределенной нагрузкой (с необходимыми ее перерывами по длине) загружаются все участки, вызывающие усилие (перемещение) этого знака;

- распределение давления в пределах толщины дорожной одежды проезжей части следует принимать под углом 45°.

Для случая 2 нормативная нагрузка представляется в виде двух полос нагрузки АК, размещаемых в невыгодном положении по всей ширине ездового полотна (включая полосы безопасности).

При этом оси крайних полос нагрузки АК должны быть расположены на расстоянии не менее, чем 1,5 м от ограждения.

При расчетах конструкций на выносливость и по предельным состояниям второй группы следует рассматривать только случай 1.

Для случая 3 нормативная временная нагрузка представляется в виде одиночной тяжелой четырехколесной нагрузки НК (рис. 6.31, в) весом 1098 кН (НК-112) – на дорогах I–III категорий, для больших мостов и мостов в городах с населением более 100 000 жителей и весом 785 кН – для всех остальных мостов (НК-80).

Для деревянных мостов на дорогах V категории и мостов на местных автомобильных дорогах низших категорий разрешается принимать гусеничную нагрузку НГ-60 общим весом 588 кН (рис. 6.31, в).

Нагрузку НК учитывают при отсутствии других подвижных нагрузок на мосту и устанавливают в самое неблагоприятное положение вдоль и поперек моста в пределах габарита проезжей части, исключая полосы безопасности.

Нагрузки НК-112, НК-80 и НГ-60 не учитывают совместно с временной нагрузкой на тротуарах, а также при расчетах на выносливость. При расчетах по раскрытию трещин нагрузку НК-112 принимают с коэффициентом 0,8.

6.6. Расчет параметров мостов и труб

Размеры отверстий труб и малых мостов определяют гидравлическим расчетом в зависимости от расхода воды, который должны пропускать эти сооружения.

Расходы больших водотоков с водосборной площадью более 100 км² определяют гидрологическими расчетами с использованием многолетних наблюдений и измерений расходов и уравнений воды на гидрометрических постах. Для водотоков с водосборной площадью менее 100 км² расчетные расходы вычисляют по региональным эмпирическим формулам, которые с большой точностью отражают местные условия.

Размеры и конструкции водопропускных сооружений определяют в зависимости от величины максимального расхода воды, который возможен с верхней по течению части водотока до пересекаемой трассы. Точность гидрологических расчетов не превышает $\pm 30\%$.

В соответствии с действующими СНиП отверстия дорожных труб и малых деревянных мостов на сельскохозяйственных дорог (IV и V ка-

тегорий) рассчитывают на расход 2–3 % вероятности превышения (т. е. на такой расход воды, который может случиться три раза в 100 лет, или один раз в 33 года). Капитальные мосты на дорогах ниже III категории рассчитывают на расход 2 % вероятности превышения (такой или больший расход возможен один раз в 50 лет).

Для расчета параметров водопропускных сооружений определяется объем водостока. С этой целью на топографической карте устанавливают границу и площадь (F , км²) водосбора. Граница водосборного бассейна проходит по водоразделу и ограничивается проектируемой дорогой.

Уклон главного лога (i_d) находится по следующей формуле:

$$i_d = \frac{H_B - H_d}{L_d}, \quad (6.3)$$

где H_B – отметка самой удаленной от сооружения точки водораздела по тальвегу, м;

H_d – отметка дна водотока у водопропускного сооружения, м;

L_d – расстояние между отметками по тальвегу, м.

Условия поверхностного стока характеризуют уклоны поперечных склонов поймы водотока (i_1 и i_2) в створе сооружения. Определяются уклоны отрезков поймы, примыкающие с обеих сторон к водотоку (рис. 6.32).

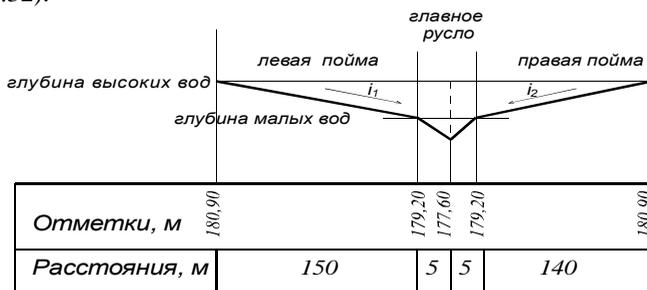


Рис. 6.32. Поперечное сечение лога русла реки в месте пересечения трассой дороги

Продольный уклон тальвега (i_o) у сооружения (рис. 6.33) определяют по формуле

$$i_o = \frac{H_{200} - H_{100}}{L}, \quad (6.4)$$

где H_{200} – отметка точки, расположенной выше на 200 м от сооружения выше по течению водотока, м;
 H_{100} – отметка точки, расположенной на 100 м ниже сооружения по течению водотока, м;
 $L_{л}$ – расстояние между отметками по водотоку, м.
 Отметки точек и расстояния снимаются с топографического плана.

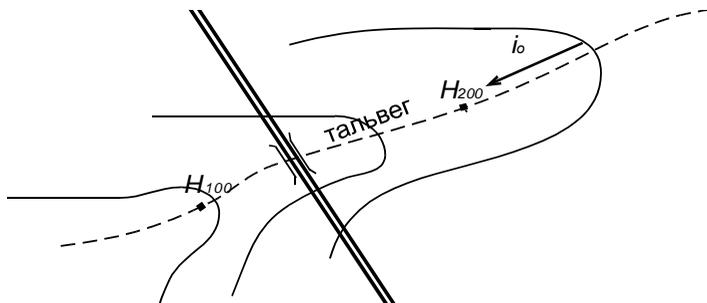


Рис. 6.33. Схема к определению продольного уклона талывега

Для условий Республики Беларусь максимальный расход воды по малым бассейнам (с площадью водосбора до 100 км²) происходит, как правило, в результате ливневого стока.

Максимальный расход ливневых вод определяется формуле

$$Q_{л} = \Psi(h - z)^m F^n k \delta, \quad (6.5)$$

где $Q_{л}$ – максимальный расход ливневых вод, м³/с;

Ψ – морфологический коэффициент (табл. 6.5), зависящий от уклона главного лога $i_{л}$, который установлен по формуле (6.3);

h – слой ливневого стока, который доходит до сооружения, мм, (табл. 6.6);

z – величина потерь ливневого стока на смачивание растительности, заполнения впадин микрорельефа, мм (табл. 6.7);

F – площадь водосборного бассейна, км²;

k – коэффициент, учитывающий шероховатость лога ($m_{л}$) и склонов ($m_{с}$) (табл. 6.8, 6.9, 6.10);

δ – коэффициент, учитывающий озерность и заболоченность бассейна (табл. 6.11);

m и n – степенные показатели, $m \approx 1,5$, $n \approx 0,67$.

Таблица 6.5. Значения морфологического коэффициента Ψ в зависимости от уклона главного лога i_n

i_n , тыс.	Ψ						
2	0,015	11	0,030	20	0,035	50	0,043
3	0,020	12	0,031	22	0,036	60	0,045
4	0,022	13	0,031	24	0,037	70	0,047
5	0,024	14	0,032	26	0,037	80	0,049
6	0,026	15	0,032	28	0,038	90	0,051
7	0,027	16	0,033	30	0,038	100	0,053
8	0,028	17	0,033	35	0,040	110	0,055
9	0,029	18	0,034	40	0,041	120	0,056
10	0,030	19	0,034	45	0,042	130	0,057

Таблица 6.6. Величина слоя ливневого стока h в зависимости от грунтов (при времени стока $t = 30$ мин)

Грунты бассейна	Слой ливневого стока (h , мм) при вероятности паводка, %		
	4	3	2
Глины, глинистые грунты	37	35	39
Суглинки, суглинистые черноземы, болотные почвы	30	30	36
Чернозем, карбонатные почвы, задернованная супесь	17	17	25
Супеси, сероземы песчаные и супесчаные	3	9	12
Пески, гравий, рыхлые почвы	–	–	–

Таблица 6.7. Величина слоя потерь z на смачивание растительности и др.

Характер растительности бассейна	Величина слоя потерь z , мм
Густая трава, редкий кустарник	5
Средний лес, кустарник	10
Густой лес	15
Растительность отсутствует	0

Таблица 6.8. Коэффициент гидравлической шероховатости русла m_n

Характеристика русла реки	Шероховатость русла m_n
Ровное земляное ложе	25
Извилистое заросшее ложе	20
Сильно заросшее русло	15

Таблица 6.9. Коэффициент гидравлической шероховатости склонов m_c

Характеристика поверхности склонов	Растительный покров		
	отсутствует или редкий	средний	густой
Укатанная спланированная поверхность	50	30	20
Поверхность, хорошо обработанная вспашкой; не вспаханная, без кочек; в населенном пункте с застройкой менее 20 %	30	20	10
Поверхность грубо обработанная, кочковатая; в населенных местах с застройкой более 20%	20	10	5

Таблица 6.10. Коэффициент k , учитывающий шероховатость лога и склонов бассейна

Шероховатость русла m_d	Шероховатость склонов m_c					
	50	30	20	15	10	5
25	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	0,75
20	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,7
15	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,65
10	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6

Таблица 6.11. Коэффициент δ , учитывающий озерность и заболоченность

Заболоченность бассейна, %	Озерность бассейна, %					
	0	2	6	10	15	20 и более
0	1,00	0,79	0,59	0,48	0,38	0,32
3	0,95	0,77	0,58	0,47	0,38	0,31
10	0,87	0,72	0,56	0,45	0,37	0,30
30	0,71	0,62	0,50	0,41	0,34	0,28
60	0,58	0,52	0,43	0,36	0,30	0,26
100	0,47	0,43	0,36	0,31	0,25	0,21

Средний уклон лога определяют путем деления разности его высотных отметок в вершине и в точке предполагаемого устройства сооружения на развернутую длину тальвега.

Вычисленный по приведенной выше формуле расход не должен быть больше расхода полного стока $Q = 0,56 (h - Z)F$ (все обозначения прежние). В расчет принимают меньший из расходов, вычисленных по обеим формулам.

Определив максимально возможный расход воды, выбирают тип водопропускного сооружения. Правильный выбор типа позволяет снизить стоимость строительства дороги.

После установления типа сооружения приступают к гидротехническим расчетам.

Гидравлический расчет малых мостов. Мосты (а не дорожные трубы) проектируют, когда дорога пересекает водотоки с большими расчетными расходами (более 5–8 м³/с); на постоянно действующих водотоках, где независимо от расхода возможно образование ледостава, на болотах, заболоченных землях, периодически затопляемых логах.

Для установления размера моста, необходимо знать бытовые условия водотока, т. е. его скорость и глубину при прохождении расчетного расхода через створ до постройки моста.

Если поперечный профиль лога в месте, где он пересекается дорогой, имеет треугольную форму (что во многих случаях принимается без большого ущерба для точности результата вычислений), бытовые условия потока определяют по следующей схеме.

Для малых мостов расчеты имеют вид:

1. Определяют модуль расхода, или расходную характеристику (K , м³/с):

$$K = Q / \sqrt{i_o}, \quad (6.6)$$

где Q – расчетный расход, м³/с;

i_o – продольный уклон лога в зоне намечаемого сооружения на участке 300 м (200 м выше и 100 м ниже створа по тальвегу), устанавливают путем нивелирования на местности или по горизонталям крупномасштабной карты (рис. 6.33).

2. Определяют геометрическую характеристику створа:

$$I = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2}, \quad (6.7)$$

где i_1, i_2 – уклоны склонов поперечного сечения лога в месте его пересечения с дорогой, определяемые на местности или по картографическим данным (рис. 6.32).

3. Вычисляют бытовую глубину, м:

$$h_0 = m \sqrt[3]{\frac{K}{I}}, \quad (6.8)$$

где m – параметр, учитывающий состояние поверхности русла (табл. 6.12).

Таблица 6.12. Значения параметра m

Характеристика русла реки	Параметр m
Чистые, прямые, незасоренные русла	0,42
Частично заросшие слабоизвилистые русла	0,46
Засоренные, заросшие и извилистые русла	0,49
Сильно засоренные и заросшие извилистые русла	0,60

Затем рассчитывают ширину потока по верху (x), площадь живого сечения потока (ω_6) и среднюю скорость течения (v_{cp}) по следующим формулам:

$$x = h_6 I, \text{ м}; \quad (6.9)$$

$$\omega_6 = \frac{1}{2} h_6^2 I, \text{ м}^2; \quad (6.10)$$

$$v_{cp} = \frac{Q_d}{\omega_6}, \text{ м/с}. \quad (6.11)$$

Величину отверстия моста устанавливают в зависимости от режима протекания потока воды под ним, который вследствие стеснения потока дамбами может происходить по схемам свободного или несвободного истечения.

Определение схемы производят путем сравнения бытовой глубины нестесненного потока (h_6) с критической глубиной потока (h_k) в подмостовом русле:

$$h_k \approx 0,1 v_d^2, \text{ м}, \quad (6.12)$$

где v_d – допустимая скорость протекания воды под мостом при критической глубине, принятая в зависимости от рода грунта или укрепления подмостового русла.

В данных расчетах v_d принимается равной средней скорости течения v_{cp} .

Значение бытовой глубины воды под мостом позволяет определить режим её протекания, который может быть несвободным (затопленный водослив) или свободным (рис. 6.34).

При $h_6 \geq 1,3h_k$ истечение потока воды будет несвободным (затопленный водослив). Тогда отверстие моста (B) определяют по формуле

$$B = \frac{Q_{\text{п}}}{\varepsilon h_{\text{д}} v_{\text{д}}}, \quad (6.13)$$

где B – отверстие моста (длина пролета под мостом между береговыми устоями на уровне поверхности воды), м;

ε – коэффициент сжатия потока воды у входа в сооружение (0,80–0,90).

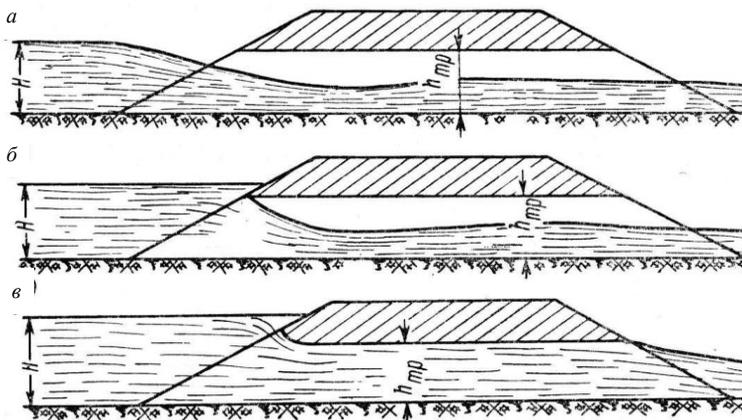


Рис. 6.34. Схемы протекания воды под малым мостом или в дорожной трубе:
a – свободное протекание; *б* – полунапорное; *в* – несвободное протекание (напорное);
 H – высота потока у входа в отверстие моста, в трубу;
 $h_{\text{мп}}$ – высота моста или диаметр трубы

Полученное значение отверстия округляют до ближайшего типового (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 20 м).

При $h_6 \leq 1,3h_k$ истечение потока воды свободное (незатопленный водослив). Величину отверстия моста при протекании воды по схеме незатопленного водослива устанавливают по формуле

$$B = \frac{Q_{\text{л}} g}{\varepsilon v_{\text{д}}^3}, \quad (6.14)$$

где g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

Высоту моста ($H_{\text{м}}$) рассчитывают по формуле

$$H_m = H + p + k, \text{ м}, \quad (6.15)$$

где H – подпор воды у входа в сооружение, рассчитываемый по формуле

$$H = h_6 + \frac{v_d^2}{15}, \quad (6.16)$$

где p – просвет между подпором воды и низом пролетного строения (не менее 0,5 м, а на водотоках с ледоходом – не менее 1 м);

k – конструктивная высота пролетного строения (устанавливается по типовому проекту в зависимости от размеров и конструкции моста), 0,9–1,5 м.

Длину моста (L) определяют по формуле

$$L = B + nd + 2mH + 0,5, \quad (6.17)$$

где n – количество промежуточных опор моста, зависящее от величины B , принимается по типовому проекту. В малых мостах опоры устраивают через 6, 12 и 18 м;

d – толщина опор, 0,3–0,5 м;

m – коэффициент заложения откосов конусов насыпи на стыке с мостом, 1:1– 1:1,5.

Расчетную высоту моста можно увеличить, если это необходимо по условиям рельефа местности (узкая пойма, круглые спуски, глубокие выемки). При изменении расчетной высоты моста необходимо уточнить его длину по формуле (6.17).

Расчет параметров трубы. Параметры трубы рассчитывают при их устройстве на временных водотоках при площади водосбора более 0,5 км². При меньшей площади водосбора ее диаметр принимают без расчета равным 1 м.

При расчетном расходе воды менее 0,4 м³/с принимают трубу диаметром 0,5 м при ее длине до 10 м; 0,75 – при длине менее 15 м и диаметром 1,0 м при длине 15–20 м.

Отверстия водопропускных дорожных труб рассчитывают на пропуск расходов воды с вероятностью превышения паводка на дорогах II–III категорий, равной 1:50 (2 % обеспеченность), IV–V категорий – 1:33 (3 % обеспеченность), на сельских дорогах – 1:25 (4 % обеспеченность).

Установление типа необходимых труб начинают с назначения режима протекания в них воды (безнапорный, полунапорный, напорный) (рис. 6.34).

При безнапорном режиме входной оголовок трубы не затоплен и на всем её протяжении имеется свободная поверхность, не занятая водой (рис. 6.34, а); при полунапорном — входной оголовок трубы затоплен, а в самой трубе имеется свободная поверхность (рис. 6.33, б); при напорном режиме входной оголовок трубы затоплен и в трубе нет свободного пространства, не занятого водой, труба работает полным сечением (рис. 6.3, в).

Трубы с безнапорным режимом работы проектируют при пологих склонах водотоков, когда повышение уровня воды перед трубой может привести к затоплению сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и т. п.

Диаметр круглой безнапорной трубы определяют по формуле

$$d = \sqrt[5]{\frac{1}{2} Q_{\text{л}}^2}. \quad (6.18)$$

Диаметр круглой безнапорной трубы можно установить по табл. 6.13.

Таблица 6.13. Диаметр круглых безнапорных труб

$Q_{\text{л}}$, м ³ /с	Диаметр трубы d , м							
	1,0		1,25		1,5		2,0	
	Глубина потока (H , м) у входа в трубу и скорость течения (v , м/с)							
	H	v	H	v	H	v	H	v
1,0	0,93	2,40	0,77	2,2	0,78	1,9	0,73	1,8
2,0	1,30	3,30	1,13	2,7	1,15	2,3	1,05	2,2
3,0			1,86	3,8	1,46	3,3	1,30	2,4
4,0					1,75	3,8	1,53	2,7
5,0					2,38	4,6	1,55	3,3
6,0					3,00	5,5	1,73	3,5

Рассчитанный диаметр трубы округляют до типового – (1; 1,25; 1,5; 2 м).

Трубы с напорным режимом работы проектируют на водотоках с крутыми склонами, при образовании пруда и подпора воды у входа в нее.

Диаметр круглой трубы с напорным режимом протекания потока воды устанавливают по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{л}}}{\pi v_{\text{max}}}}, \quad (6.19)$$

где v_{max} – наибольшая допустимая скорость в трубе, м/с, $\pi \approx 3,14$.

При расходе воды более $15 \text{ м}^3/\text{с}$ экономически целесообразнее проектировать прямоугольные трубы или мосты.

В целом размер отверстия труб следует назначать, не менее:

1,00 м – при длине трубы до 20 м включительно;

1,20 м – при длине трубы св. 20 до 30 м включительно;

0,50 м – на дорогах III категории и ниже, на съездах при устройстве в пределах трубы быстротока (уклоном 10 % и более) и ограждений на входе.

При длине трубы свыше 30 м принимают проектное решение на основании сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов.

Размеры отверстий труб на дорогах необщего пользования при длине трубы не более 10 м разрешается принимать 0,50 м.

Размеры отверстий труб и малых мостов следует увеличивать для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, а в случае технико-экономической целесообразности – для пропуска автомобильного транспорта с обеспечением соответствующих габаритов.

Минимальную отметку бровки насыпи над трубой (контрольную отметку) при безнапорном режиме ее работы рассчитывают по формуле

$$H_{\text{бр}} = H_{\text{т}} + d_{\text{тр}} + \delta + \Delta, \quad (6.20)$$

где $H_{\text{т}}$ – отметка тальвега у входа в сооружение, м;

$d_{\text{тр}}$ – диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы (0,10–0,20 м);

Δ – минимальная толщина земляной насыпи над трубой (0,5–0,6 м).

При напорном и полунпорном режимах работы трубы отметку бровки насыпи над трубой находят по формуле:

$$H_{\text{бр}} = H_{\text{пт}} + \Delta + 1,0, \quad (6.21)$$

где $H_{\text{пт}}$ – высота подпора воды перед трубой, м;

Длину трубы определяют по формуле:

$$L_{\text{тр}} = B + 2mh, \quad (6.22)$$

где B – ширина земляного полотна по верху, м;

m – коэффициент заложения откосов насыпи;

h – высота насыпи в месте заложения трубы, м.

В целом высота насыпи должна быть не менее 0,5 м для безнапорных труб и не менее 1 м над уровнем воды для полунанпорных и напорных труб.

6.7. Проектирование мостов и труб

При проектировании малых водопропускных сооружений следует отдавать предпочтение трубам. Они не ухудшают условий движения автомобилей, так как могут размещаться при любых сочетаниях пересячения местности и дороги. Трубы не требуют изменения дорожного покрытия, не стесняют проезжую часть и обочины.

При проектировании мостов и труб должны быть обеспечены следующие транспортно-эксплуатационные характеристики: функциональные; обеспечивающие живучесть; эксплуатационные; социально-экономические.

Функциональные характеристики включают: пропускную способность; грузоподъемность; безопасность и комфортность движения; долговечность и безотказность.

Характеристики, обеспечивающие живучесть состоят из сопротивляемости воздействию водных потоков, ветровых нагрузок, ледоходов и других природных явлений; огнестойкости; живучести при повреждениях.

Эксплуатационные характеристики включают доступность для маломобильных групп населения; доступность для ремонта и содержания; ремонтпригодность.

Социально-экономические характеристики учитывают экономичность и планировочную целесообразность; экологичность; архитектурную и цветовую выразительность.

Кроме этого, при выборе сооружения учитывают его водопропускную способность, долговечность работы, стоимость и сроки строительства, наличие необходимых ресурсов.

Мосты проектируют:

- при пересечении постоянных водотоков, имеющих постоянный расход в зимнее время;
- при большом расходе воды по тальвегу, для пропуска которого требуется устройство многоочковых труб;
- при пересечении узких и глубоких тальвегов, в которых при незначительном расходе воды требуется устройство высоких насыпей;
- при пересечении оросительных и осушительных каналов.

Выбор места перехода, разбивку мостов на пролеты, назначение положения сооружения в плане и профиле следует производить с учетом требований трассирования дороги (линии) или принятых градостроительно-планировочных решений, строительных и эксплуатационных показателей вариантов, а также русловых, геологических, гидрологических, экологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги (линии).

При выборе места мостового перехода через судоходные реки следует руководствоваться и соблюдать следующие требования:

- мостовые переходы располагать перпендикулярно течению воды с косиной не более 10° на прямолинейных участках с устойчивым руслом, в местах с неширокой малозатопляемой поймой;

- середину судоходных пролетов совмещать с осью соответствующего судового хода;

- обеспечивать взаимную параллельность оси судового хода, направления течения воды и плоскостей опор со стороны судоходного пролета;

- не допускать отклонения между направлениями судового хода и течения реки более 10° ;

- не допускать увеличения скорости течения воды в русле при расчетном судоходном уровне, вызванном строительством мостового перехода, свыше 20 % – при скорости течения воды в естественных условиях до 2 м/с и 10 % – при скорости свыше 2,4 м/с. При скорости течения воды в естественных условиях от 2,0 до 2,4 м/с допустимое увеличение средней скорости определяют методом интерполяции.

Количество и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока следует определять на основе гидравлических и гидрологических расчетов и инженерных изысканий, при этом необходимо учитывать влияние сооружения на окружающую природную среду.

Пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение должен быть обоснован, а при наличии лессовых грунтов и возможности образования наледи – не допускается.

Малые и средние городские мосты, а также трубы следует располагать на участках дороги с профилем и планом, принятыми для проектируемой дороги.

Продольный уклон ездового полотна автодорожных мостов следует принимать не более 20 %.

Продольный уклон ездового полотна больших мостов должен быть не более 30 % – для мостов вне населенных пунктов; 60 – то же в населенных пунктах и на развязках; 20 % – с деревянным настилом.

Для всех мостов, кроме деревянных, при проектировании следует принимать продольный уклон не менее 5 %.

Толщину засыпки над звеньями или плитами перекрытия труб (включая пешеходные тоннели), а также над сводами мостов следует принимать не менее указанной в табл. 6.14.

Таблица 6.14. Рекомендуемая толщина засыпки над трубами, в метрах [6]

Тип дорог	Толщина засыпки* над		
	железобетонными трубами	металлическими гофрированными трубами	сводами мостов
Автомобильные общего пользования, улицы в городах, поселках и сельских населенных пунктах, а также автомобильные дороги промышленных предприятий	0,5	0,5**	0,2
Автомобильные дороги необщего пользования	0,2***	–	–

* Считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы или от верхней точки свода до подошвы рельсов – на железных дорогах или до низа монолитных слоев дорожной одежды – на автомобильных дорогах; на дорогах низших категорий с улучшенным покрытием или с покрытием из песчано-гравийной смеси толщину покрытия принимают от уровня верха покрытия.

** Но не менее чем 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия.

*** Но не менее чем 0,5 м до уровня бровки земляного полотна.

Примечания:

1. Толщину засыпки над железобетонными трубами и пешеходными тоннелями, расположенными в пределах железнодорожных станций, разрешается принимать менее 1 м.

2. В обоснованных случаях на улицах и автомобильных дорогах толщину засыпки над трубами и закрытыми лотками разрешается уменьшать до 0,3 м.

Возвышение элементов конструкций моста над уровнями воды и ледохода должно быть не менее значений, приведенных в табл. 6.15.

Таблица 6.15. **Возвышение элементов конструкций моста над уровнями воды и ледохода, в метрах [6]**

Часть или элемент конструкции моста	Возвышение частей или элементов конструкций		
	над уровнем воды (с учетом влияния подпора и волны) при максимальных расходах паводков, рассчитанных для мостов		над наивысшим уровнем ледохода
	на автомобильных дорогах всех категорий	наибольших	
Низ пролетных строений: при глубине подпертой воды до 1 м включительно	0,5	0,25	–
то же св. 1 м	0,5	0,25	0,75
при наличии на реке заторов льда	0,75	0,75	1,0
при наличии карчехода	1,0	1,0	–
Верх площадки для установки опорных частей	0,25	–	0,5
Низ пят арок и сводов	0,25	–	0,25
Низ продольных схваток и выступающих элементов конструкций в пролетах деревянных мостов	0,25	–	0,75

Примечания:

1. Для малых мостов наименьшее возвышение низа пролетных строений допускается определять без учета высоты ветровой волны.

2. При наличии явлений, вызывающих более высокие уровни воды (вследствие подпора от нижележащих рек, озер или водохранилищ, нагона воды ветром, образования заторов или прохождения паводков по руслам, покрытым льдом, и др.), указанные в таблице возвышения следует отсчитывать от этого уровня.

3. При определении возвышения верха площадки для установки опорных частей уровень воды необходимо определять с учетом набега потока на опору моста.

4. При одновременном наличии карчехода и наледи значения возвышения следует увеличить не менее чем на 0,5 м.

Возвышение низа пролетных строений над наивысшим статическим уровнем водохранилища для мостов, расположенных в несудоходных зонах водохранилища, должно составлять не менее 0,75 высоты расчетной ветровой волны с увеличением на 0,25 м.

Расстояние между опорами в свету при наличии карчехода следует назначать с учетом размеров карчей, но не менее 15 м.

Водопрopusкные трубы на расчетный расход следует проектировать на безнапорный режим работы. Полунапорный и напорный режимы работы следует предусматривать только при технико-экономическом обосновании. При этом под оголовками и звеньями следует предусматривать фундаменты, а при необходимости – и противофильтрационные экраны. Кроме того, при напорном режиме следует предусматривать специальные входные оголовки и обеспечивать водонепроницаемость швов между торцами звеньев и секциями фундаментов, надежное укрепление русла, устойчивость насыпи против напора и фильтрации.

Возвышение высшей точки внутренней поверхности трубы в любом поперечном сечении над поверхностью воды в трубе при максимальном расходе расчетного паводка и безнапорном режиме работы должно составлять (в свету): в круглых и сводчатых трубах высотой до 3 м включительно – не менее 1/4 высоты трубы, свыше 3 м – не менее 0,75 м; в прямоугольных трубах высотой до 3 м включительно – не менее 1/6 высоты трубы, свыше 3 м – не менее 0,50 м.

Трубы следует проектировать с входными и выходными оголовками или без них.

При проектировании металлических гофрированных труб без устройства оголовков нижняя часть несрезаемой трубы должна выступать из насыпи на уровне ее подошвы не менее чем на 0,2 м, а сечение трубы со срезанным концом должно выступать из тела насыпи не менее чем на 0,5 м.

Не допускается применять водопрopusкные трубы при наличии ледохода и карчехода, а в местах возможного образования наледи применять не рекомендуется.

В проектной документации должны быть предусмотрены мероприятия по необходимой защите элементов и частей мостов и труб от повреждений при отсыпке насыпи и укреплении откосов, от засорения и загрязнения, вредных воздействий агрессивных сред, высоких температур и т. д.

Контрольные вопросы

1. Назовите источники увлажнения земляного полотна.
2. Перечислите виды дорожного водоотвода и приведите их характеристики.

3. Назовите инженерные сооружения для сбора и отвода воды, стекающей с поверхности земляного полотна дороги, и охарактеризуйте их.
4. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне.
5. Процесс пучинообразования.
6. Перечислите основные типы водопропускных и инженерных сооружений и приведите их характеристики.
7. Перечислите основные виды мостов и приведите их характеристики.
8. Назовите виды габаритов мостов.
9. Методика расчета параметров моста.
10. Методика расчета параметров трубы.

7. ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

- 7.1. Конструктивные элементы и типы дорожных одежд.
- 7.2. Краткие сведения о дорожно-строительных материалах.
- 7.3. Дорожные покрытия усовершенствованные, переходные и низшего типа.

7.1. Конструктивные элементы и типы дорожных одежд

Дорожной одеждой принято называть укрепленную поверхность земляного полотна дороги в пределах проезжей части, по которой непосредственно движется транспорт. Дорожную одежду устраивают для создания прочной и ровной поверхности, делающей возможной движение транспорта с расчетной скоростью. Она воспринимает сосредоточенные нагрузки от колес автомобилей и распределяет их по площади земляного полотна, в результате чего в нем возникают сравнительно малые напряжения и деформации, что способствует прочности и устойчивости дороги. Дорожная одежда – обычно самая дорогостоящая часть дороги, в среднем она составляет для дорог IV категории примерно 25–60 % общей строительной стоимости, а для V категории – 20–60 %.

Дорожная одежда должна соответствовать общим требованиям, предъявляемым к дороге и обеспечивать расчетную скорость, безопасность и комфортабельность движения транспортных средств. Это достигается обоснованным выбором и проектированием дорожной одежды и покрытия проезжей части, укрепленных и разделительных полос.

Экономически целесообразно выполнять дорожную одежду в виде нескольких конструктивных слоев из каменных материалов различной прочности. Различают три основных слоя (рис. 7.1).

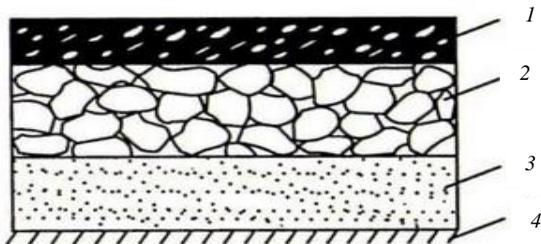


Рис. 7.1. Конструктивные слои дорожной одежды:
1 – покрытие; 2 – основание;
3 – дополнительный (выравнивающий) слой основания;
4 – подстилающий грунт (поверхность земляного полотна)

Покрытие – верхний, наиболее прочный слой, подвергающийся непосредственному воздействию колес. Оно может состоять из верхнего, периодически возобновляемого в процессе эксплуатации слоя износа и основного слоя, назначение которого – усилить связь покрытия с основанием. Покрытие определяет важнейшие эксплуатационные качества дороги: ее работоспособность, т. е. число автомобилей, которое может пройти по ней в период между ее ремонтами, ровность, интенсивность и скорость движения.

Основание – основная несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая вместе с покрытием рассредоточение и равномерную передачу нагрузок на низшие слои дорожной одежды и земляное полотно.

Дополнительный слой основания (подстилающий, или выравнивающий, слой) – нижняя часть дорожной одежды, предназначенная для передачи нагрузок на земляное полотно, выравнивания его поверхности, дренирования и для защиты от мороза. Этот слой обычно делают из песка – грунта, который почти не меняет свойств при увлажнении.

Одежды дорог низких технических категорий, в том числе и сельскохозяйственных, могут состоять всего из одного слоя, например грунтовые, улучшенные каменными материалами, или из двух слоев, например мостовые на песчаном основании. Следовательно, разделение дорожной одежды на конструктивные слои в известной степени

условно, хотя одежды дорог высоких категорий всегда делают многослойными.

Прочная и долговечная дорожная одежда любой конструкции может быть создана только на правильно выполненном земляном полотне. Как показывает опыт, никакое утолщение одежды, построенной на слабом грунтовом основании, не сможет обеспечить ее прочность.

Дорожные одежды классифицируются по сопротивлению нагрузкам от транспортных средств и характеру деформирования на жесткие и нежесткие.

К жестким дорожным одеждам следует относить одежды, имеющие цементобетонные монолитные или сборные покрытия из железобетонных плит, с асфальтобетонным покрытием на основании из цементобетона.

Нежесткие дорожные одежды – дорожные одежды, не содержащие в своем составе конструктивных слоев из монолитного цементобетона, сборного железобетона и состоят из асфальтобетона, из каменных материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью и другими вяжущими, в том числе на основе отходов производства (шлак, цементная пыль и др.), а также зернистых материалов (щебень, гравий, шлак и др.).

Дорожные одежды классифицируют по виду и материалам верхнего слоя – покрытия. Основные типы дорожных одежд и характерные для них виды покрытий приведено ниже (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Типы дорожной одежды и материала верхнего слоя покрытия [4]

Тип дорожной одежды	Материал верхнего слоя покрытия, способ укладки	Категория автомобильной дороги
1	2	3
Капитальный	Монолитный цементобетон	Республиканские и местные дороги – I-a-V
	Сборный железобетон	Местные дороги – IV, V
	Асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в горячем и теплом состоянии	Республиканские дороги – I-a-II
	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состоянии	Республиканские дороги – III, IV

Окончание табл. 7.1

1	2	3	
Облегченный	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состоянии	Местные дороги – III	
	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем состоянии, с использованием в смеси до 20 % асфальтогранулята		
	Каменные материалы, обработанные органическими вяжущими методами смешения в установке, на дороге, пропитки (полупропитки)	Республиканские дороги – IV	
	Органоминеральные смеси		
	Эмульсионно-минеральные смеси		
	Облегченный	Асфальтобетон из плотных смесей марки III, укладываемых в горячем и теплом состоянии	Местные дороги – IV, V
		Асфальтобетон из плотных смесей марки III, укладываемых в горячем состоянии, с использованием в смеси до 20 % асфальтогранулята	
		Эмульсионно-минеральные смеси	
Переходный	Щебеночное покрытие из щебеночных смесей оптимального состава	Местные дороги – IV, V	
	Грунты и малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими		
	Каменные мостовые		
	Щебеночно (гравийно)-песчаные смеси		
Низший	Грунты, укрепленные или улучшенные различными местными материалами	Местные дороги – V	

Примечание. Дорожную одежду облегченного типа на республиканских дорогах категории IV следует предусматривать при расчетной интенсивности движения менее 1000 ед/сут и на местных дорогах. Дорожную одежду переходного типа следует устраивать при расчетной интенсивности движения менее 500 ед/сут.

Тип дорожной одежды и её конструкцию определяют в соответствии с типовыми решениями, путем сопоставления возможных вариантов с учетом режима и интенсивности движения, наличия местных дорожно-строительных материалов, их качества, грунтовых и климатических условий, а также опыта эксплуатации дорог в районе строительства.

Ниже приведены значения наименьшей толщины конструктивных слоев покрытий дорожной одежды из различных материалов в уплотненном состоянии (табл. 7.2).

Таблица 7.2. Вид дорожных покрытий и их толщина

Вид дорожного покрытия	Толщина, см
Асфальтобетонные	5–7
Щебеночные и гравийные, обработанные органическими вяжущими материалами (черные)	8
Щебеночные и гравийные, не обработанные вяжущими материалами (белые)	10–15
Мостовые из камня	15–20
Грунтовые, улучшенные скелетными добавками, и грунтовые из оптимальной смеси	20–30

Толщину основания и выравнивающего слоя основания принимают в пределах 15–20 см.

К дорожным одеждам предъявляют ряд технических и санитарно-гигиенических требований:

- обеспечение безопасного проезда в любое время года;
- прочность, долговечность и устойчивость к воздействию атмосферных факторов (температуры, влажности и т. д.);
- ровность покрытия, чтобы возможно было движение с высокими скоростями, и шероховатость – для хорошего сцепления с шинами;
- низкая стоимость строительства, возможность использования местных дорожно-строительных материалов, а также устройства, ремонта и содержания механизированным способом;
- отсутствие пыления, возможность легко удалять пыль и грязь с поверхности; бесшумное движение и др.

При конструировании дорожной одежды следует руководствоваться следующими принципами:

- вид покрытия, конструкция дорожной одежды в целом должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения;
- конструкция дорожной одежды должна учитывать местные природные и грунтово-гидрологические условия, обеспечивать эффективное осушение и морозоустойчивость;

- материалоемкость и энергоемкость дорожных и транспортных составляющих, определенные по сумме приведенных капитальных вложений, должны быть минимальными;

- при назначении конструкции дорожной одежды необходимо учитывать региональный опыт строительства и эксплуатации дорог, уделяя особое внимание новым конструктивным решениям, прошедшим опытную проверку.

В поперечном сечении дорожные одежды устраивают серповидного, полукорытного и корытного профилей (рис. 7.2).

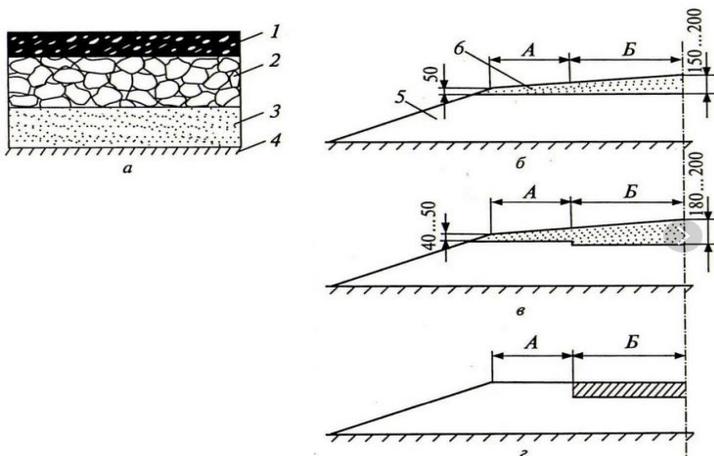


Рис. 7.2. Конструкция и поперечные профили дорожной одежды:
a – конструктивные слои; 1 – покрытие; 2 – основание;
 3 – дополнительный слой основания; 4 – грунт земляного полотна;
 5 – земляное полотно; б – дорожная одежда;
 б – серповидный; в – полукорытный; г – корытный;
 А – ширина обочины; Б – ширина проезжей части

Серповидный профиль (рис. 7.2, б) применяют на дорогах низких категорий, в том числе сельскохозяйственных. В этом случае укрепляют всю поверхность земляного полотна, включая обочины. Это облегчает отвод воды, разезд и обгон автомобилей в сырую погоду при узкой (однопослойной) проезжей части. Наибольшей толщины одежду делают по оси дороги, а к бровкам уменьшают до 5 см. Для устройства покрытий серповидного профиля используют местные материалы: гравий, песок укрепленные различными добавками грунты и др.

Полукорытный профиль (рис. 7.2, в) характеризуется устройством утолщенного покрытия в пределах проезжей части; обочины укрепляют более тонким слоем. По сравнению с серповидным полукорытный профиль требует меньше материалов, но сложнее в исполнении.

При *корытном профиле* (рис. 7.2, з) дорожную одежду любой требуемой толщины устраивают только в пределах проезжей части. Так как обочины остаются неукрепленными, возможно занесение на покрытие грязи. Недостатки полукорытного и корытного профилей заключаются также в затрудненном отводе проникшей в корыто воды. Покрытия корытного профиля применяют обычно на дорогах высоких категорий.

7.2. Краткие сведения о дорожно-строительных материалах

При строительстве автомобильных дорог и, в частности, их дорожных одежд используют природные и искусственные материалы.

К природным строительным материалам относят каменные породы, гравий, песок, камень булыжный, различные местные материалы – дресва, жерства, ракушка, мел и др.

Природные материалы получают непосредственно из недр земли или путем переработки. Каменные природные материалы и изделия классифицируют либо по генетическому признаку, либо техническим свойствам – плотности, прочности, морозостойкости.

Искусственные получают переработкой природного сырья. К искусственным строительным материалам относят щебень, каменные порошки, колотый камень, брусчатку, каменное литье, изделия в виде плит и др. Кроме того, для приготовления бетонов и стабилизации грунтов используют органические и неорганические (минеральные) вяжущие материалы – битумы, дегти, смолы, эмульсии, различные цементы, известь и др. Искусственные материалы имеют классификацию, учитывающую вид вяжущего (органические, неорганические, полимерные), а также технологию их получения (обжиговые, необжиговые).

При дорожном строительстве для возведения земляного полотна используют грунты.

Грунты – горная порода, почва или искусственное образование (твердые отходы производств и бытовые), представляющие собой многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени, используемые как основание, среда или материал при строительстве.

От свойств грунта зависит прочность земляного полотна и дорожной одежды, а также сооружений на дороге. Свойства грунтов во многом определяются крупностью их частиц, которые могут быть глинистыми (менее 0,005 мм), пылеватыми (0,005–0,050) и песчаными (0,06–2 мм). Встречающиеся в природе грунты обычно представляют собой смесь песчаных, пылеватых и глинистых частиц. Свойства грунтов зависят также от содержания в них органических веществ, количества и химического состава растворенных солей, влажности и плотности.

По строительным нормам грунты разделяют на скальные и нескальные:

- скальные – породы, залегающие сплошным массивом и имеющие жесткие структурные связи. Это водоустойчивые и почти несжимаемые грунты. К такому типу относятся известняк, песчаник, гранит, базальт и другие;

- нескальные – группа дисперсных грунтов с ослабленными структурными связями. Они состоят из минеральных частиц различного размера, по происхождению подразделяются на осадочные и искусственные. Осадочные породы образуются в результате разрушения и выветривания скальных пород. Искусственные почвы – это результат утрамбовки, намывания или насыпания. Дисперсионные грунты бывают связные (глина, суглинок) и несвязные (песок).

В зависимости от процентного содержания глинистых частиц грунты разделяют на глины (более 33 %); суглинок (12–33 %); супесь (5–12 %); песок (до 5 %).

В дорожном строительстве широко используют каменные материалы, которые получают из горных пород. Физико-механические свойства этих материалов должны отвечать определенным техническим требованиям и определяться показателями – прочность, морозостойкость и водопоглощение.

Прочность – это способность материала сопротивляться, не разрушаясь, внешним и внутренним усилиям, возникающим от статических и динамических нагрузок. Она характеризуется пределом прочности при сжатии и выражается в паскалях.

Морозостойкость – способность насыщенного водой материала выдерживать определенное количество циклов замораживания и оттаивания без разрушения. Характеризуется маркой материала по морозостойкости, например Мрз-25 (материал не теряет прочности при 25 циклах замораживания и оттаивания).

Водопоглощение — способность материала впитывать и удерживать воду, что характеризует его пористость, выражается в процентах.

Горные породы, из которых получают каменный материал для дорожного строительства, разделяют на четыре группы: изверженные (граниты, диориты, сиениты, габбро, базальты); известняковые (известняки, доломиты, мраморы); песчанниковые – песчаники из зерен кварца и других минералов, скрепленных различными цементами (известковым, кремнистым, железистым, гипсовым, глинистым); сланцевые (характеризуются слоистым сложением).

Внутри каждой группы горных пород каменные материалы в зависимости от предела прочности подразделяются на пять классов. К первому классу относят породы с пределом прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии свыше 100–120 МПа, а к пятому – ниже 30 МПа.

Песок – мелкообломочная нецементированная смесь каменных частиц размером 0,05–2 мм, а по некоторым классификациям – до 5 мм. Различают песок мелкозернистый крупностью 0,05–0,25 мм, среднезернистый – 0,25–0,50 мм, крупнозернистый – 0,50–1,0 мм и грубозернистый – 1–2 мм. Лучшими по качеству для дорожных работ признаны крупно- и грубозернистые пески. В зависимости от происхождения пески могут быть речные, морские, озерные, дюнные и др. По минеральному составу песок может быть кварцевый, известняковый, гипсовый, магнетитовый, ракушечниковый, глауконитовый и др.

Песок широко применяют в строительном деле для улучшения дорожных свойств суглинистых грунтов, для приготовления строительных растворов, асфальтобетона и цементобетона, в качестве основания дорожных одежд и сооружений.

Гравий – каменный материал с частицами размером 5–70 мм, получаемый после его отсева из природных гравийных смесей горного, овражного, речного, морского и озерного происхождения.

Щебень получают путем дробления камня в камнедробилках. Как и гравий, щебень в зависимости от крупности разделяют на четыре фракции (5–10 мм, 10–20, 20–40, 40–70 мм). Щебень имеет различное происхождение: из изверженных пород (гранитов, сиенитов, диоритов, габбро, базальтов, андезитов, порфиры и др.), метаморфических (мрамор, сланцы, гнейсы и др.) и осадочных пород (доломитов, известняков, песчаников).

Бутовый камень – представляет собой куски природного камня неправильной формы размером до 50 см. Из бутового камня устраивают

фундаменты различных сооружений, подпорные стенки, фильтрующие насыпи и др.

Булыжный камень – природные камни размером 12–30 см. Камень больших размеров называется валуном.

Колотый камень получают дроблением валунов и скальных пород. Размеры колотого камня примерно такие же, как и булыжного. Булыжный и колотый камень используют для устройства дорожной одежды (булыжный мостовой), укрепления откосов и в качестве заполнителя бетона (бутобетона).

Брусчатка – камни, отесанные в форме прямоугольного параллелепипеда шириной 12–15 см, длиной 15–25 см и высотой 10–16 см.

Керамические изделия – получают из глинистых и кремнезернистых пород (трепела, диатомита), лессов и промышленных отходов (угледобычи, углеобогащения зол, шлаков и т. п.) формованием, сушкой и последующим обжигом. Массу, предназначенную для изготовления таких изделий, часто смешивают с минеральными и органическими добавками.

К керамическим строительным изделиям относятся: кирпич керамический полнотелый и пустотелый, пустотелые стеновые камни, черепица и т. п.

Бетон – искусственный камень, получаемый в результате твердения рационально подобранной смеси. Эта смесь состоит из вяжущего вещества (цемента, извести, глины и т. п.), воды, мелкого (песка) и крупного (щебня или гравия) заполнителя. Такая смесь до затвердевания называется бетонной смесью. Если в качестве вяжущего применяется глина, получается глинобетон, если известь – известковый бетон. Для получения бетонов могут использоваться и другие вяжущие. Из бетона изготавливают бетонные и железобетонные несущие конструкции зданий и сооружений, плотины шлюзов, полы и дорожные покрытия. Существуют также бетоны кислото-, жароупорные, особо тяжелые для биологической защиты и др.

Строительные растворы – представляют собой рационально подобранные смеси из вяжущего вещества, воды и мелкого заполнителя – песка. От бетона раствор отличается тем, что в нем отсутствуют крупные заполнители – щебень и гравий. Различают следующие строительные растворы:

- кладочные – для соединения элементов кладки (кирпичей или камней);
- отделочные – для штукатурки, изготовления архитектурных деталей и т. п.;

- специальные – для рентгенозащиты, заполнения швов между конструкциями из железобетона, гидроизоляции, для устройства звукопоглощающей штукатурки и т. п.

Железобетон – строительный материал, в котором используется совместная работа бетона и стальных стержней – арматуры. Из железобетона изготавливают колонны, плиты, перекрытия, перемычки, балки, ригели, прогоны и другие конструктивные элементы. Железобетон подразделяется на монолитный и сборный. Изделия из монолитного железобетона выполняют в специальной форме – опалубке – непосредственно на строительной площадке. Сборный железобетон изготавливают на заводах. Применение сборного железобетона позволяет значительно уменьшить сроки строительства и улучшить качество выполняемых конструкций.

Древесина имеет широкое применение в строительстве. Значительная прочность при небольшой плотности позволяет выполнять из нее конструкции, выдерживающие большие нагрузки (стропила, стропильные фермы, деревянные мосты и пр.).

В строительстве, в основном, применяют древесину хвойных пород. Лесоматериалы, используемые в строительстве, делят на три основные группы: круглый лес, пиломатериалы и изделия из древесины.

Теплоизоляционные материалы предохраняют здание, тепловые агрегаты и теплопроводы от потери тепла. Их делят на органические и неорганические. К первой группе относят древесноволокнистые и древесно-стружечные, торфяные, пробковые плиты, фибролит и т. п. Ко второй группе можно отнести минеральную и стеклянную вату и изделия из них, ячеистое стекло, пенопласт и т. п.

Металл применяют в строительстве чаще всего в виде конструкционного материала. Таким материалом является сталь, ее широко используют в строительстве в виде прокатных изделий. Форму поперечного сечения прокатного изделия называют профилем. К сортовому прокату относят профили простой геометрической формы (квадрат, круг, шестигранник, прямоугольник, полоса) и фасонные профили (двутавр, тавр, швеллер, уголки, рельс и др.). В настоящее время сталь успешно заменяют алюминиевыми сплавами.

Чугун также используют в строительстве, из него изготавливают трубы и др.

Пластические массы – материалы, в состав которых входят полимеры, органические вещества с высоким молекулярным весом. Эти вещества на определенной стадии переработки придают пластическим

массам способность принимать требуемую форму и сохранять ее после снятия давления. Пластические массы, благодаря своей малой плотности, прочности, химической стойкости и другим свойствам, получают все большее распространение в строительстве. Из пластмасс изготавливают различные гидроизоляционные пленки, а также трубы, фитинги и др.

Для образования бетонов и укрепления грунтов применяют вяжущие материалы, которые могут быть органического и неорганического происхождения.

К органическим вяжущим относят природные и искусственные нефтяные битумы; дегти – продукт перегонки твердого топлива и природных битумов; древесные смолы, мазут и тяжелая нефть.

К неорганическим (минеральным) вяжущим относят цементы, гипс и известь.

Цементы – тонкомолотые порошкообразные смеси минерального происхождения, которые при замешивании с водой образуют пластичное тесто, постепенно затвердевающее и переходящее в камнеподобное состояние.

Цемент используют для приготовления строительного раствора (смесь песка, цемента и воды), бетона (смесь песка, щебня или гравия и воды) и железобетона (бетон, армированный стальными прутьями). Из бетона и железобетона изготавливают элементы мостов и дорожных труб; покрытия дорожных одежд капитального типа также могут быть выполнены из бетона.

Известь – неорганическое вяжущее, получаемое путем обжига карбонатных пород – известняков, доломитов и т. д.

Таким образом рассмотренные выше строительные материалы используются при строительстве автомобильных дорог и их элементов.

7.3. Дорожные покрытия усовершенствованные, переходные и низшего типа

По виду покрытия дорожные одежды подразделяются на усовершенствованные, переходные и низшего типа. Усовершенствованные покрытия используются на дорогах высоких категорий. Дорожные одежды переходного типа используются на дорогах IV и V категорий. Низшего типа – на дорогах V категории.

Усовершенствованные покрытия подразделяются на капитальные и облегченные. Обычно дорожные одежды капитального типа проектируют на дорогах I и II категории, облегченного – III и IV категории.

К усовершенствованным относятся цементобетонные, асфальтобетонные; щебеночные и гравийные покрытия, обработанные органическими вяжущими веществами, брусчатые, мозаиковые и клинкерные.

К переходным относятся щебеночные и гравийные покрытия; мостовые из булыжного и колотого камня; грунтовые покрытия, укрепленные вяжущими материалами.

Покрытия низшего типа включают грунтовые покрытия, укрепленные или улучшенные различными местными материалами.

На дорогах I, II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные дорожные покрытия капитального типа цементобетонные (моноконтные и сборные); асфальтобетонные из смесей, укладываемых в горячем состоянии; мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном или каменном основании; из смесей подобранного состава, обработанных битумом, с применением прочного щебня и вязкого битума.

На дорогах III–V категорий при стадийном строительстве и на дорогах II, III категорий могут устраивать усовершенствованные облегченные дорожные покрытия из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в разогретом состоянии; из холодных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии; органоминеральные смеси устраиваемые по способу пропитки, полупропитки, смешения на дороге.

К усовершенствованным облегченным отнесены также дорожные покрытия из прочного щебня (не содержащего зерен мельче 5 мм), обработанного битумом (дегтем) в установке, а также способом пропитки или полупропитки; из крупнообломочных материалов (с размером фракций до 40 мм); из песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом с обязательным устройством поверхностной обработки.

На дорогах IV, V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III–V категорий на первой стадии применяют дорожные покрытия переходного типа: щебеночные, гравийные, шлаковые, не обработанные вяжущим: из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими с добавкой или без добавки активных веществ; мостовые из булыжного и колотого камня.

Дорожные покрытия низшего типа устраивают на дорогах V категории и на внутрикарьерных дорогах при стадийном устройстве дорожных одежд и на дорогах IV категории при первой очереди строительства. К дорожным покрытиям низшего типа относятся грунты,

укрепленные или улучшенные разными местными скелетными материалами, покрытия лежневые, бревенчатые, сплошные и колежные.

Дорожное покрытие низшего типа – покрытие, устраиваемое из одного слоя материалов или смесей (грунтовое, улучшенное и укрепленное местными материалами) на дорогах местного значения.

Асфальтобетонные покрытия – самый распространенный тип покрытия, представляющий собой два или три слоя асфальтобетонной смеси, уложенные на прочное основание и тщательно уплотненные, в результате чего образуется асфальтобетон.

Асфальтобетон представляет собой искусственный строительный материал, состоящий из подобранного по крупности каменного скелета – щебня или гравия – и песка, связанных между собой смесью тонкого минерального порошка с битумом.

Различают мелкозернистый и крупнозернистый асфальтобетон; горячий и холодный асфальтобетон; типов А, Б, В и Г; марок I, II, III.

Смеси с менее тщательным подбором каменного скелета по крупности и из менее прочных каменных материалов называют битумо-минеральными.

Асфальтобетонные, органо-минеральные и эмульсионно-минеральные смеси для покрытий следует применять в соответствии с СТБ 1033, ГОСТ 30491, СТБ 2413 и табл. 7.3.

Таблица 7.3. **Использование асфальтобетонных, органоминеральных и эмульсионно-минеральных смесей для дорожных покрытий [4]**

Категория автомобильной дороги, тип дорожной одежды	Материал покрытия	
	верхнего слоя	нижнего слоя
1	2	3
I–III Капитальный	Горячие и теплые смеси для плотного асфальтобетона типов С, А, Б и Г марки I	Горячие и теплые смеси для пористого и плотного асфальтобетона марки I
III, IV Капитальный	Горячие и теплые смеси для плотного асфальтобетона типов А, Б и Г марки II	Горячие и теплые смеси для пористого асфальтобетона марки I
III, IV Облегченный	Горячие и теплые смеси для плотного асфальтобетона типов А, Б, В, Г и Д марки II	Горячие и теплые смеси для пористого асфальтобетона марки II
	Горячие смеси для плотного асфальтобетона типов А, Б, В, Г и Д марки II с содержанием в смеси до 20 % асфальтогранулята	Горячие и теплые смеси для высокопористого асфальтобетона марки I эмульсионно-минеральные смеси

1	2	3
IV, V Облегченный	Горячие и теплые смеси для плотного асфальтобетона типов Б, В, Г и Д марки Ш	Горячие смеси для пористого асфальтобетона марки II Горячие смеси для пористого асфальтобетона марки II с содержанием в смеси до 20 % асфальтогранулята
	Горячие смеси для плотного асфальтобетона типов Б, В, Г и Д марки Ш с содержанием в смеси до 20 % асфальтогранулята	Каменные материалы, обработанные органическими вяжущими
	Эмульсионно-минеральные смеси	Горячие и теплые смеси для высокопористого асфальтобетона марки I
	Органоминеральные смеси	Органоминеральные смеси

Цементобетонные покрытия обладают высокой монолитностью и высокой сопротивляемостью нагрузкам.

Изготавливаются из цементобетонных смесей – рационально подобранная плотная смесь из цемента, воды, песка и щебня, образующая после твердения прочный искусственный каменный материал.

Строят цементобетонные покрытия из цементобетонных плит, отделённых друг от друга швами, необходимыми для компенсации изменения их длины при колебаниях температуры.

Для цементобетонных покрытий и оснований следует применять тяжелый и мелкозернистый бетоны. Износ цементобетонных покрытий незначителен, они долговечнее, чем другие виды покрытий.

Недостатком при производстве работ по устройству цементобетонных покрытий является необходимость длительного ухода за бетоном, пока он не приобретёт необходимую прочность.

Покрытия из щебня и гравия, обработанные органическими вяжущими материалами, хорошо сопротивляются разрушающему действию движения автомобилей благодаря прочному соединению каменных частиц вводимых вяжущим. Такие одежды водостойки.

Разные способы введения вяжущего в процессе строительства определяют различия в структуре получающихся покрытий.

Смешение в специальных установках (стационарных или подвижных смесителях) обеспечивает хорошее обволакивание каменных частиц вяжущим материалом. При этом способе расход вяжущего меньше, чем, например, при способе пропитки или смешения на дороге.

Принудительное перемешивание даёт возможность использовать для покрытия материал, подобранный по крупности таким образом, чтобы получить плотную смесь, структура которой приближается к оптимальной. Битумоминеральные смеси образуют прочные покрытия, хорошо сопротивляющиеся нагрузкам.

Пропитка и полупропитка – введение разогретых вязких битумов или эмульсий в покрытие путём розлива по поверхности недоукатанного слоя щебня одинаковых размеров. После проникания разлитого битума в глубь россыпи, поверхность покрытия засыпают мелким щебнем и закатывают. Устойчивость покрытия по типу пропитки обеспечивается главным образом заклинкой щебня, создаваемой в процессе укатки. Недостатком этого типа покрытий является относительно большой расход вяжущих материалов. Битум, просачиваясь по пустотам россыпи каменных материалов, не проникает в точки контакта между щебёнками, где его действие было бы особенно эффективно, и образует сгустки в этих пустотах.

Поверхностная обработка – тонкий защитный слой, создаваемый на поверхности дорожной одежды путём розлива битума с последующей засыпкой очень мелким щебнем. В зависимости от количества розливов битума различают одиночную и двойную поверхностную обработку. Поверхностная обработка повышает сопротивление покрытия износу и делает его водонепроницаемым, в результате чего во влажные периоды года покрытие остаётся сухим и имеет повышенный модуль деформации.

При использовании щебня твёрдых пород увеличивается коэффициент сцепления и значительно повышается безопасность движения.

Щебёночные, гравийные покрытия и основания устраивают из щебёнок одинаковых, определённых размеров.

Щебеночные, гравийные, шлаковые основания и покрытия устраивают одно- и многослойными в зависимости от требуемой толщины, вида материала, наличия средств уплотнения.

Наименьшая толщина распределяемого слоя должна в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц и быть не менее 10 см при укладке на прочное основание и не менее 15 см при укладке на песок.

Прочность щебёночных покрытий обеспечивается заклинкой, создаваемой при укатке. Решающим фактором в устойчивости покрытия служит внутреннее трение между щебёнками, а также связывающее действие каменной пыли, появляющейся при истирании щебёнок во время укатки. Истирание кромок и дробление щебёнок, а также прони-

кание с поверхности грязи в процессе эксплуатации щебёночных покрытий приводит к появлению в них песчаных, пылеватых и глинистых частиц и к потере покрытием связности, особенно во влажные периоды года.

В покрытиях из естественного гравия или из искусственно подобранных по составу гравийных смесей прочность обеспечивается подбором скелета по принципу оптимальной смеси, в которой поры между крупными частицами заполнены частицами более мелкими и смесь обладает малой пористостью. Связность обеспечивается мелкими частицами пыли и глины, входящими в состав материала. В сырое время года прочность покрытий снижается.

Дорожные покрытия и основания из укрепленных грунтов. Грунты, обработанные органическими вяжущими (битумами или эмульсиями) или цементом, приобретают прочность и устойчивость против воздействия влажности, что позволяет использовать их как материал для конструктивных слоёв дорожных одежд. Для придания грунтам прочности их укрепляют введением скелетных добавок.

Покрытие из грунтов оптимального состава. В таком грунте песчаные, пылеватые и глинистые частицы находятся в рациональном соотношении, что обеспечивает наибольшую плотность и прочность смеси. Ориентировочно можно считать, что в оптимальной смеси должно быть 7–14 % глинистых частиц, 15–35 % пылеватых и не менее 55 % песчаных. Грунт оптимального состава устойчив к размоканию, быстро просыхает, трудно поддается колееобразованию и хорошо укатывается автомобильными шинами. При составлении оптимальной грунтовой смеси учитывают также местные климатические условия. Так, во влажных районах требуется повышенное содержание песчаных частиц, а в засушливых – глинистых. В районах избыточного увлажнения для улучшения прочностных качеств песчано-глинистых смесей целесообразно добавлять в верхние слои 15–20 % гравия крупностью 2–20 мм, шлаков или каменной мелочи.

Покрытия из грунтов, укрепленных скелетными добавками. Чтобы улучшить проезд по грунтовым дорогам, грунт покрытия улучшают так называемыми скелетными добавками – различными местными каменными материалами песком, гравием, ракушкой, шлаками и др. Скелетными добавками целесообразно улучшать глинистые грунты. Песчаные грунты улучшают суглинком, разложившимся торфом или обрабатывают глинистым раствором.

Если в качестве добавки к связным грунтам применяют щебень или гравий, получают соответственно грунто-щебеночное или грунтогравийное покрытие с довольно высокими эксплуатационными показателями. При этом щебень или гравий составляет скелетную (несущую) часть одежды, а грунты заполняют пустоты, повышая плотность и водонепроницаемость покрытия.

Покрытие грунтовых дорог обычно улучшают по всей ширине поверхности земляного полотна. При этом должно быть обеспечено хорошее перемешивание, тщательное профилирование и уплотнение материалов. Улучшенные скелетными добавками грунтовые дороги хорошо сохраняют профиль, характеризуются низкими затратами на строительство, но требуют систематического и тщательного текущего ремонта и ухода.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение дорожной одежде и назовите ее конструктивные слои.
2. Какие основные типы дорожных одежд Вы знаете, охарактеризуйте их.
3. Какие требования предъявляют к дорожным одеждам?
4. Назовите виды профилей дорожной одежды и охарактеризуйте их.
5. Перечислите дорожно-строительные материалы и их характеристики.
6. Виды дорожных покрытий.
7. Асфальтобетонные и цементобетонные покрытия: характеристики и требования.
8. Покрытия из щебня и гравия: характеристики и требования.
9. Щебеночные, гравийные покрытия и основания: характеристики и требования.
10. Покрытия и основания из укрепленных грунтов: характеристики и требования.

8. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА. СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ДОРОГ

- 8.1. Организация строительства местных дорог.
- 8.2. Машины и механизмы, используемые для строительства и ремонта дорог.
- 8.3. Организация ремонта и содержания дорог.
- 8.4. Проект организации строительства дороги и состав проектно-сметной документации.

8.1. Организация строительства местных дорог

Организация работ по строительству и ремонту дорог имеет следующие особенности: производство работ на большом протяжении; неравномерность распределения объема работ по трассе; большую зависимость дорожного строительства от климатических условий.

В зависимости от выполнения технологических операций по строительству дороги выделяют поточный и параллельный методы.

Наиболее прогрессивный метод – поточный, он характеризуется равномерным и непрерывным выполнением работ специализированными механизированными подразделениями. Его особенности – четкая организация строительства и комплексная механизация.

Для параллельного метода характерно выполнение работ рассредоточено на небольших самостоятельных участках.

В зависимости от равномерности распределения дорожно-строительные работы разделяются на линейные и сосредоточенные.

Линейные – характеризуются сравнительно равномерным распределением повторяющихся по длине дороги видов работ. К ним относятся: подготовительные работы, строительство малых мостов и труб, строительство земляного полотна и невысоких насыпей, выемок, устройство основания и покрытия и др. работы.

К сосредоточенным работам относятся строительство больших и средних мостов, устройство высоких насыпей и глубоких выемок. Эти работы выполняются механизированными бригадами.

Основным условием правильной организации строительных работ поточным методом является увязка работ специализированных строительных подразделений с учетом объема работ и конкретных условий данного строительства. Работы по трассе выполняются в такой последовательности:

- организация связи, устройство временных бытовых, жилых и производственных построек;
- подготовительные работы;
- строительство мостов и труб;
- выполнение земляных работ по возведению земляного полотна и укрепительные работы;
- устройство основания дорожной одежды;
- устройство покрытия;
- отделочные работы.

Для правильной организации строительства составляются технологические карты. В них отражают требования технологии ведения работ, последовательность их выполнения, требования к качеству, методы организации строительства и технико-экономические показатели.

Основная производственная единица – это дорожно-эксплуатационный участок.

Для выполнения крупных механизированных работ создаются специальные дорожно-строительные и мостостроительные организации. Районные дорожные организации выполняют все виды работ собственными силами и могут привлекаться к строительству дорог в сельхозпредприятиях, однако зачастую строительство местных дорог ведется силами самих хозяйств.

По мере роста грузонапряженности, изменения интенсивности и состава движения по дороге необходимо повышение ее технико-эксплуатационных показателей. Строительство дороги требует больших одновременных материальных и трудовых затрат, что определяет необходимость стадийного их строительства. На каждой стадии достигают определенного уровня эксплуатационных показателей дороги. Стадийный метод позволяет в наибольшей мере рационально использовать экономические возможности, последовательно потреблять материалы, средства механизации и трудовые ресурсы отдельных хозяйств.

Примером стадийного строительства может быть строительство дорог с переходным типом дорожной одежды с постепенным его улучшением до капитального.

При разработке проектов стадийного строительства местных дорог, учитывают как ближайшую, так и отдаленную перспективу. На первых этапах ряд элементов сооружают с учетом расчетного срока (ширина земляного полотна, уклоны, радиусы кривых и др.), а некоторые – с учетом требований ближайшего времени (ширина проезжей части, одежда и др.).

Сроки и очередность строительства определяют в зависимости от народнохозяйственного значения дорог и связываемых ими пунктов. В основу ложится срок окупаемости вложений в строительство.

Существует очередность строительства. В первую очередь строительства включают дороги с большим грузовым и пассажирским движением; во вторую – менее важные, необходимость в которых обусловлена перспективами развития грузооборотных пунктов.

Дороги первой и второй очереди строят за счет средств, выделяемых в дорожный фонд всеми предприятиями АПК. В третью очередь включают дороги, обслуживающие в основном внутренние перевозки хозяйств и предприятий. Строятся за счет их собственных ресурсов колхозом и совхозов.

При возрастающем грузообороте целесообразнее построить более дешевую дорогу и реконструировать ее в будущем, чем сразу строить более дорогостоящую, которая ряд лет будет приносить убыток из-за неполного ее использования. На дорогах с малой интенсивностью движения, какими являются почти все местные дороги, применяют стадийное строительство с использованием облегченных конструкций и местных материалов. При этом важно правильно определить сроки реконструкции. Продолжительность стадийного срока устанавливается периодом, в течение которого благодаря снижению себестоимости перевозок будут не только возвращены средства, затраченные на строительство и эксплуатацию дороги, но и накоплены необходимые суммы для ее реконструкции.

Стадийное строительство предусматривает возведение водопропускных сооружений и земляного полотна с учетом требований расчетного срока (15–20 лет), а одежды проезжей части и обустройств дороги – требований ближайшей перспективы (5–10 лет). Для проектируемых грунтовых дорог во всех случаях должен быть обеспечен водоотвод и укрепление добавками проезжей части на труднопроезжаемых участках (переходы через водотоки, низкие места и др.).

Примером стадийного строительства внутрихозяйственной главной (магистральной) дороги может служить устройство на ней суженной проезжей части шириной 3–3,5 м из расчета однополосного движения и одной из обочин, уширенной до 3–5 м, предназначенной для движения сельскохозяйственных машин, гусеничных тракторов, конных повозок, разъезда встреченного транспорта и служащей в качестве резервной полосы для уширения проезжей части дороги в будущем.

На местных дорогах в процессе стадийного строительства в качестве одежды широко используют гравий. При строительстве гравийной дороги возможны следующие стадии:

первая – устройство водопропускных сооружений, земляного полотна на труднопроезжаемых участках, профилирование дороги, укрепление этих участков добавками гравия. После завершения первой стадии строительства дорожные условия еще не отвечают требованиям автомобильного движения;

вторая – устройство земляного полотна и водоотвода, укрепление гравием проезжей части на всем протяжении дороги. Дорога ограничено удовлетворяет требованиям установившегося движения;

третья – устройство гравийной одежды на всем протяжении дороги, снегозащиты, озеленения, элементов оборудования дороги. Дорога удовлетворяет местному автомобильное движение;

четвертая – уширение проезжей части, усовершенствование покрытия (асфальтирование, устройство черного гравийного или щебеночного покрытия). Дорога соответствует требованиям современного автомобильного движения.

Таким образом, стадийное строительство характерно тем, что оно осуществляется в течение длительного периода и на каждой новой стадии технико-эксплуатационные показатели дороги повышаются.

Приемку законченной дороги производит специальная комиссия с участием представителей подрядной строительной организации, заказчика, районных органов и др. служб. Она должна проводиться в период времени, благоприятный для визуального обследования дороги, взятия проб грунта, строительных материалов, производства вырубков дорожной одежды и испытания ее прочности. Недопустима приемка дорог при наличии снежного покрова. В результате приемки дороги составляется акт, который содержит:

- краткую техническую характеристику принимаемых объектов;
- основные технико-экономические показатели и их соответствия утвержденному проекту;
- данные об утверждении проектной и сметной документации;
- общую оценку качества выполняемых работ;
- заключение о готовности объекта и решение комиссии о приеме его в эксплуатацию.

8.2. Машины и механизмы, используемые для строительства и ремонта дорог

Все виды работ, связанные со строительством дороги подразделяются на подготовительные, постройку искусственных сооружений, возведение земляного полотна, устройство оснований и дорожной одежды и оборудование дороги.

В зависимости от вида дорожных работ, способов их выполнения, типов и конструкций элементов дороги, применяются различные дорожно-строительные машины и механизмы.

При подготовке полосы отвода, для сооружения дороги, используются бульдозеры, кусторезы, корчеватели-собиратели и рыхлители.

Бульдозеры применяют для корчевки мелкого леса, кустарников, пней и корней, срезки и перемещения плодородного слоя почвы и грунта, заделывания ям и впадин, рекультивирования земли.

Кусторезы-собиратели используют для корчевки и уборки пней, корней, кустарника и мелкого леса.

Рыхлители – для рыхления плотных грунтов, удаление камней, корчевки, разрушения переустраиваемых дорожных одежд.

Скреперы служат для снятия, перемещения и складирования плодородного слоя почвы, а также рекультивации нарушенных земель.

Для строительства искусственных сооружений применяют тракторные универсальные агрегаты, краны, дизель-молоты, вибропогружатели, вибромолоты, копры, вибраторы, бетономешалки и др. Тракторный агрегат имеет набор оборудования для забивки свай, рытья котлованов, сборки труб и мостов и выполнения других работ. Краны служат для разгрузки и монтажа элементов искусственных сооружений.

Машины для производства работ при строительстве и содержании автомобильных дорог делят на следующие группы: землеройные машины; для уплотнения грунтов; для вспомогательных работ; машины, используемые при строительстве дорожных одежд и оснований; машины для ремонта и содержания дорог.

1. Землеройные машины обеспечивают полную механизацию возведения земляного полотна:

- экскаваторы циклического действия (с гибкой или жесткой подвеской рабочего оборудования);
- экскаваторы, непрерывного действия (роторные, цепные);
- землеройно-транспортные машины (скреперы самоходные и прицепные, бульдозеры, грейдер-элеваторы).

Экскаваторы выполняют работы по выемке грунтов, их погрузке и отсыпке в отвал, а также по разгрузке щебеночных и гравийных материалов.

Скреперы – для послойной разработки и отсыпки грунта. Применяют для возведения насыпей, планировки площадей, вскрытия карьеров. Используют при перемещении грунта до 500 м.

Бульдозеры используют для устройства выемок и насыпей до 1,5–2 м, разработки косогоров, засыпки траншей. Грунт с помощью бульдозеров перемещают до 100 м, наиболее экономично перемещение до 30 м.

При возведении высоких насыпей бульдозером отсыпают ее нижнюю часть, а скрепером – верхнюю.

Грейдер-элеватор подрезает грунт дисковым плугом и с помощью транспортера перемещает его в направлении перпендикулярном движению. Им устраивают насыпи высотой до 1,5 м из бытовых резервов и разрабатывают выемки.

Применяют грейдеры-элеваторы при значительной протяженности (1–3 км) в связных грунтах, обладающих невысоким сопротивлением резанию. Прицепные и самоходные грейдеры используют для возведения невысоких (до 1 м) насыпей из боковых резервов, образования канав и корыта, дорожных оснований и одежд, планировки откосов насыпей и выемок.

2. Машины для уплотнения грунта:

- статического действия (самоходные катки, прицепные катки, пневмоколеса);

- динамическое действие (вибрационные катки самоходные и прицепные, трамбовочные машины).

3. Машины для вспомогательных работ:

- экскаваторы-планировщики с телескопической стрелой, кусторезы, корчеватели, рыхлители, бурильно-крановые и буровые машины.

4. Машины, используемые при строительстве дорожных одежд и оснований:

- бульдозеры, грейдеры скреперы – с их помощью устраивают корыто;

- фрезы, смесители, распределители цемента и извести, щебня, гравия и песка, асфальто- и бетоноукладчики, катки применяют для устройства основания и покрытия.

5. К машинам для ремонта и содержания дорог относят: дорожные щетки, утюги, роторные и плужные снегоочистители, асфальтосмесители, пескоразбрасыватели и др.

8.3. Организация ремонта и содержания дорог

Все дорожно-ремонтные работы подразделяют на работы по содержанию, текущий, средний и капитальный ремонт.

Виды, объемы и сроки работ устанавливают в зависимости от прочности и эксплуатационных качеств дорожных одежд и сооружений, сроков их службы, состава движения, влияния природных факторов.

В состав работ по содержанию входит постоянный уход за дорогой и всеми сооружениями с целью поддержания их в состоянии, обеспечивающем безопасное движение. Это очистка полотна от пыли, грязи, снега и льда, пропуск паводков, исправление мелких поломок, техническое обслуживание и инвентаризация дорожных сооружений, сторожевая охрана и другие работы. Их проводят непрерывно в течение года.

Текущий ремонт дорог включает систематическое исправление кромок, рассыпку каменной мелочи, мелкий ремонт сооружений и обстановки пути.

К среднему ремонту относят периодические работы по неполному возмещению износившегося верхнего слоя покрытия, обновлению и усилению элементов дороги, ремонт земляного полотна, искусственных сооружений и системы водоотвода. Средний ремонт выполняют один раз в несколько лет.

Капитальный ремонт – это периодические комплексные работы, направленные для полного обновления и улучшения эксплуатационных качеств сооружений и отдельных участков дороги. При капитальном ремонте возможно частичное изменение дороги в плане и в продольном профиле.

В некоторых случаях выделяют работы по реконструкции дороги, которые проводятся для улучшения ее технических показателей и повышения категории. Они включают подъем и уширение земляного полотна и проезжей части, спрямление в плане, увеличение радиусов кривых, усиление одежды, переоборудование объектов дорожной службы и др.

Содержание дорог. Состав работ по содержанию дорог зависит от сезона года и интенсивности движущегося транспорта и природных факторов. Поэтому главная задача в весенний период – обеспечение быстрого и полного отвода и пропуска талых вод, очистка дороги от снега, льда и грязи, принятие мер для сохранности дорожной одежды во время пучинообразования.

Летом высокая температура воздуха и недостаток осадков приводят к образованию пыли, интенсивному истиранию покрытия. Содержание дороги в этот период сводится в основном к поддержанию ее в чистоте, обеспыливанию проезжей части, уходу за обстановкой пути.

В весьма неблагоприятных условиях работает дорога осенью. Большое количество осадков при низких положительных температурах вызывает загрязнение проезжей части, что снижает прочность покрытия и безопасность движения по дороге. Характерные работы по содержанию дорог осенью – очистка их от грязи, водоотвод, борьба со скользкостью, подготовка к эксплуатации в зимний период.

Условия работы дороги зимой сложнее, чем во все другие периоды года. В зимнее время независимо от технического состояния дороги могут оказаться непроезжими из-за накопления на них снега и льда. Основная задача в зимний период – снегозащита, снегоочистка, борьба с гололедом и пучинообразованием. Оба эти мероприятия должны сочетаться и дополнять друг друга.

Для задержания снега у дорог применяют различные задерживающие ограждающие устройства: переносные щиты, ограждения, а также древесно-кустарниковые насаждения. Конструкция ограждения и расстояние его от дороги зависит от количества приносимого к ней снега. Однако снегозащита не может полностью устранить отложения снега на дорожном полотне. Поэтому наряду с ней применяют очистку. Исключительное значение при этом имеют ее быстрота и своевременность, так как опоздание с уборкой ведет к уплотнению и смерзанию снега и образованию в дальнейшем снежных заносов.

Одна из важных мер содержания дорог зимой – борьба с гололедом, особенно на участках со значительными продольными уклонами: с проезжей части удаляют лед или снежно-ледяную корку, посыпают ее материалами, повышающими сцепление колес автомобиля с покрытием. Для удаления льда применяют скалывающие машины и автогрейдеры, снабженные зубчатым ножом. Для посыпки оледеневших участков используют песок, мелкий гравий, каменную мелочь, шлак, золу, хлористый натрий и кальций и другие материалы.

Состав работ по содержанию и ремонту определяется типом и конструкцией дорожной одежды и сооружений. Устойчивость земляного полотна зависит от степени его уплотнения, системы водоотвода движения. Под действием различных факторов в полотне могут образовываться просадки, ямы, колеи, размывы, оползни, пучины, что требует их устранения.

Содержание и ремонт грунтовых дорог заключается в выравнивании земляного полотна и отводе поверхностных вод, заделывании ям и неровностей, восстановлении поперечного профиля путем добавок гравийного материала, а также путем профилирования.

Щебеночные покрытия требуют систематического ухода за поверхностью, заделки выбоин, проломов, восстановления слоя износа, повышения прочности покрытия путем его утолщения и обработки вяжущими материалами.

К характерным повреждениям усовершенствованных покрытий относят нарушение кромок, образование просадок, продольных и поперечных складок, трещин, отслаивание верхнего слоя одежды.

Ремонт таких покрытий заключается в ликвидации выбоин, просадок, волн, бугров, повреждений кромок, трещин, в восстановлении слоя износа, утолщении и уширении покрытия. Аналогичные ремонтные работы характерны также для асфальтобетонных покрытий.

В цементобетонных покрытиях под действием движения транспорта и природных факторов образуются трещины, повреждения кромок, швов, краев плит, отколы углов и местные проломы, выбоины, вертикальные смещения краев плит. Содержание этих покрытий заключается в очистке от пыли и грязи, снега и льда, заливке поврежденных швов и трещин. В состав ремонтных работ входит заделка трещин, исправление разрушенных кромок, раковин, замена отдельных плит, их выравнивание, усиление покрытия на отдельных участках.

Для лучшей организации движения и повышения его безопасности выполняют горизонтальную и вертикальную разметку дорог и улиц в виде линий, надписей и обозначений на проезжей части, бордюрах, дорожных сооружениях. Для повышения безопасности движения устанавливают направляющие устройства (сигнальные столбики, тумбы, барьеры, щиты и др.) и ограждения (балочные, тросовые, парапеты, высокие бордюры, сетки, заборы, средства защиты от ослепления светом фар встречного транспорта, от воздействия сильного ветра и др.).

Для обслуживания автотранспорта, а также пассажиров на автомобильных дорогах общего пользования устраивают грузовые и пассажирские автостанции, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, моечные пункты, стоянки, площадки отдыха и другие сооружения.

8.4. Проект организации строительства дороги и состав проектно-сметной документации

Организацию проектных работ по строительству автомобильных дорог выполняют в два этапа (или две стадии). На первой стадии проектного задания разрабатывают проект организации строительства.

На второй стадии – рабочих чертежей составляют проект производства работ.

В проекте организации строительства рассматриваются принципиальные вопросы по организации работ. Он является приближенным, так как проектные организации не имеют достаточно точных данных об обеспечении будущего строительства машинами, оборудованием, транспортными средствами и рабочей силой.

В проекте раскрываются следующие вопросы:

- сроки строительства;
- общий технологический порядок выполнения строительных процессов;
- способы выполнения основных строительных процессов, схемы отдельных строительных процессов;
- размещение производственных подразделений и разгрузочно-складских пунктов с расчетом производительности;
- основные решения по организации строительных потоков (направление, скорость, протяженность участков работ и т. д.);
- ориентировочный расчет потребности рабочей силы, транспорта механизмов, оборудование, строительных материалов;
- размещение временных жилищно-бытовых и производственных помещений, сети временных дорог и линий связи.

После составления предварительного проекта составляют рабочий проект на строительство автомобильных дорог. Его разрабатывают на основании материалов технико-экономических обоснований по выбору трассы, в соответствии с заданием на проектирование.

Рабочий проект строительства автомобильных дорог состоит из 5 разделов.

Раздел 1. Пояснительная записка.

Раздел 2. Строительные решения.

Раздел 3. Организация строительства.

Раздел 4. Сметная документация.

Раздел 5. Паспорт рабочего проекта.

В разделе 1 даются:

- задание на проектирование;
- перечень исходных данных для проектирования;
- характеристика проектируемой дороги;
- описание климатических, инженерно-геологических и грунтовых условий;
- данные по организации строительства и сметной стоимости строительства;

- копии документов согласований по всем вопросам разработки рабочего проекта.

В разделе 2 содержится:

- ведомость объемов работ по подготовке территории строительства, земляному полотну, дорожной одежде, искусственным сооружениям, дорожным устройствам и обстановке дороги;

- основные чертежи: план трассы, продольный профиль, конструкции земельного полотна и дорожной одежды.

Раздел 3 содержит перечень проектной документации по составу и объемам работ, а также их организацию.

В разделе 4 содержатся локальные сметы по видам работ и общая сводная смета.

В разделе 5 приводятся: рабочие чертежи; эскизные чертежи; сметы; ведомости по видам работ.

После подготовки рабочего проекта строительства дороги составляют проектно-сметную документацию. Ее объем и содержание зависят от сложности проектируемого объекта, наличия и использования типовых и ранее составленных проектов, а также местных условий. В состав проектно-сметной документации входят основные материалы и документы, включаемые в утверждаемую часть, и вспомогательные, хранящиеся в проектной организации. По форме документы могут быть текстовыми, табличными и графическими. Применительно к местным дорогам основными документами проекта являются следующие.

1. Расчетно-пояснительная записка, в которой характеризуются принятые проектные решения по всем разделам проекта.

2. План трассы дороги, к которому прилагают ведомости о занимаемых землях, о рубках леса, о переносе строений и коммуникаций; документы об отводе земель и др.

3. Продольный профиль трассы, содержащий данные о ее расположении относительно поверхности земли.

4. Поперечные профили земляного полотна и дорожной одежды, а также ряд ведомостей: о строительных свойствах грунтов, укреплении обочин и откосов, объеме работ, разработке притрассовых и внекрасовых резервов грунтов, об устройстве дорожной одежды и др.

5. Искусственные сооружения: ведомости расчетов мостов и труб, рекомендуемые типовые проекты, чертежи нетиповых конструкций искусственных сооружений.

6. Оборудование дороги для движения: ведомости дорожных знаков, съездов, устройства тротуаров и велосипедных дорожек в насе-

ленных пунктах; схемы пересечений и примыканий, а также озеленения и защитных устройств дороги.

7. Строительные материалы: схемы расположения, ведомости и паспорта месторождений дорожно-строительных материалов; указывается также потребность в них по видам.

8. Организация строительства. В эту часть проекта включают сводную ведомость объемов строительных работ, ведомость временных зданий и сооружений, связи, энергоснабжения, планы и графики строительства, сводную ведомость потребности в строительных материалах, рабочей силе, транспорте, механизмах.

9. Сметно-финансовые расчеты: сводная смета, частные сметы и сметно-финансовые расчеты по видам затрат и объектам; калькуляции стоимости материалов и транспортных расходов.

Для составления смет собирают и изучают необходимые исходные данные. Сметную документацию разрабатывают в такой последовательности: калькуляции транспортных затрат и сведения о местных материалах; каталог единичных расценок, привязанных к местным условиям; локальные и объектные сметы; сводная смета; ведомость возвратных сумм; пояснительная записка.

Сводная смета как составная часть проектной документации определяет стоимость строительства и служит основным документом для планирования капитальных вложений и финансирования дорожно-строительных работ. На основании смет оплачивают работы и производят расчеты между заказчиком и подрядчиком.

Сводную смету составляют на базе сметно-финансовых расчетов и смет на отдельные объекты, виды работ и затрат. Она включает затраты на строительство по следующим основным разделам:

1) освоение трассы и подготовительные работы (оформление отводов земель, рубка леса, снос строений, линий связи, электроснабжение и др.);

2) земляное полотно (земляные работы, укрепительные работы, водоотводные сооружения);

3) дорожная одежда (устройство одежды по типам, укрепление обочин, тротуаров);

4) искусственные сооружения (мосты, трубы, путепроводы, подпорные стенки, паромные переправы и др.);

5) служба эксплуатации и обстановка дороги (сооружения службы эксплуатации, дорожные знаки, переезды, съезды, озеленение);

6) прочие работы и затраты (удорожание работ зимой, очистка территории строительства, перебазирование, льготные условия оплаты

труда, электроснабжение, временные сооружения, перевозка рабочих, авторский надзор и др.);

7) проектно-изыскательские работы; содержание штата управления и технического надзора за строительством, подготовка кадров для эксплуатации дороги. (Эти виды затрат определяют в процентах от сметной стоимости строительства.)

В конце сводной сметы указывают (в установленном размере) расходы на непредвиденные работы и затраты, а также возвратную сумму.

Сметы на отдельные объекты и затраты, входящие в сводную смету, составляют на строительные и прочие работы и затраты, а также на приобретение оборудования и его монтаж. Смутную стоимость единицы сооружения или работы определяют по единым районным единичным расценкам (ЕРЕР) на строительные работы и указаниям по их применению. Кроме того, используют укрупненные сметные нормы (УСН), строительные нормы и правила (СНиП), единые нормы и расценки (ЕНиР), прейскуранты, районные каталоги, а также другие местные нормативные источники.

Вспомогательные документы и материалы оформляют в виде отдельных папок (дел) и хранят в архиве проектной организации. Документы подписывают руководители проектных работ и исполнители. Разработкой проектов размещения и строительства дорог местного значения наряду с дорожными институтами занимаются проектные институты по землеустройству и сельскому строительству.

Контрольные вопросы

1. Дорожно-строительные работы: методы выполнения и виды.
2. Последовательность выполнения дорожно-строительных работ.
3. Сущность метода стадийного строительства. Пример организации работ при стадийном строительстве.
4. Виды работ при дорожном строительстве и дорожно-строительные машины и механизмы, применяемые при них.
5. Перечислите и охарактеризуйте группы машин для производства работ при строительстве и содержании автомобильных дорог.
6. Ремонт автомобильных дорог: виды и содержание.
7. Содержание автомобильных дорог: задачи и состав работ.
8. Какие вопросы раскрывает проект организации строительства дороги и из каких разделов он состоит?
9. Перечислите основные документы проекта строительства дороги.
10. Сметная документация: состав и порядок составления.

ТЕСТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Автомобильная дорога представляет:
 1. **Комплекс инженерных сооружений, предназначенный для движения транспортных средств с установленными скоростями, нагрузками и габаритами.**
 2. Комплекс мелиоративных систем.
 3. Территория, по которой осуществляется движение транспорта.
 4. Территория, по которой осуществляется движение транспорта и пешеходов.
 5. Территория для движения сельскохозяйственной техники.
2. Автомобильные дороги РБ подразделяются на:
 1. **Дороги общего пользования и необщего (ведомственного) пользования.**
 2. Транспортные и лесовозные.
 3. Полевые и внутриплощадочные.
 4. Внутренние дороги промышленных предприятий.
 5. Сельские и городские.
3. Автомобильная дорога общего пользования предназначена для:
 1. **Использования любыми лицами, с учетом требований, установленных законодательством РБ.**
 2. Использования отдельными лицами.
 3. Использования ведомственными организациями.
 4. Использования промышленными предприятиями.
 5. Использования лесохозяйственными предприятиями.
4. Автомобильная дорога необщего пользования (ведомственная) предназначена для:
 1. **Использования в порядке определения ее владельцем.**
 2. Использования всеми лицами.
 3. Использования для общественных грузоперевозок.
 4. Использования для гражданских перевозок.
 5. Использования сельскими жителями.
5. Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от функционального назначения подразделяются:
 1. **На республиканские и местные дороги.**
 2. Полевые и транспортные дороги.
 3. Служебные и патрульные.
 4. Лесовозные и промышленных предприятий.
 5. Охранные и линии обслуживания.
6. Республиканские автомобильные дороги обеспечивают транспортные связи:
 1. **Столицы Республики Беларусь с административными центрами областей.**
 2. Сельских населенных пунктов с районными центрами.
 3. Административные центры сельсоветов с районными центрами.
 4. Административных центров сельсоветов между собой.
 5. Хозяйственные центры сельскохозяйственных организаций.

7. Местные автомобильные дороги обеспечивают транспортные связи.

8. Через Республику Беларусь проходит транспортный коридор № 2, имеющий номер

9. К автомобильным дорогам необщего пользования относят дороги

10. Служебные и патрульные автомобильные дороги относятся к дорогам:

11. Автомобильные дороги в зависимости от эксплуатационно-технических параметров подразделяются на:

12. Автомобильные дороги по функциональному значению подразделяются на:

13. При характеристике технических параметров автомобильных дорог выделяют следующее количество категорий:

14. Категория автомобильной дороги определяется:

1. Сельских населенных пунктов с автомобильными дорогами общего пользования.

2. г. Минск с национальным аэропортом «Минск».
3. Административные центры областей между собой.
4. Городов областного подчинения с административными центрами областей.
5. Городов областного значения с г. Минском.

1. М1 (Е30).

2. М3 (Е21).
3. М4 (Е27).
4. М10 (Е53).
5. М12 (Е53).

1. Предназначенные для внутрихозяйственных и технологических перевозок предприятий и организаций.

2. Обеспечивающие перевозки между областными и районными административными центрами.
3. Подъезды от районных центров к крупным транспортным узлам.
4. Связывающие областные центры между собой.
5. Связывающие районные центры между собой.

1. Республиканского значения.

2. Общего пользования.

3. Необщего (ведомственного) пользования.

4. Местным дорогам.
5. Дорогам областного значения.

1. Категории.

2. Классы.
3. Типы.
4. Виды.
5. Подвиды.

1. Автомагистрали и обычные автомобильные дороги.

2. Служебные дороги.
3. Тракторные дороги.
4. Лесовозные дороги.
5. Сельские дороги.

1. 6 категорий.

2. 7 категорий.
3. 2 категории.
4. 8 категорий.
5. 9 категорий.

1. Расчетной интенсивностью движения автомобилей.

2. Типом дорожного покрытия.
3. Протяженностью дороги.
4. Количеством перекрестков автомобильной дороги.
5. Высотой земляного полотна.

15. Интенсивность движения определяется:
1. Количеством транспортных средств, проходящих на определенном отрезке дороги за единицу времени.
 2. Массой перевозимого груза за единицу времени.
 3. Численностью пассажироперевозок.
 4. Протяженностью дорожной сети.
 5. Видами транспортных средств, движущихся по дороге.
16. К автомобильным дорогам IV категории относят дороги с расчетной интенсивностью движения, ед/сут:
1. 400–3000.
 2. 3000–7000.
 3. Свыше 7000.
 4. До 100.
 5. 100–200.
17. Средняя ширина полосы отвода автомобильной дороги IV категории составляет:
1. 26 м.
 2. 40 м.
 3. 50 м.
 4. 12 м.
 5. 54 м.
18. Ширина земляного полотна по верху автомобильных дорог IV категории составляет:
1. 10 м.
 2. 12 м.
 3. 8 м.
 4. 13 м.
 5. 15 м.
19. Ширина проезжей части автомобильных дорог IV категории составляет:
1. 6 м.
 2. 7 м.
 3. 5,5 м.
 4. 8 м.
 5. 8,5 м.
20. Ширина обочины дороги IV категории составляет:
1. 2 м.
 2. 1,25 м.
 3. 3 м.
 4. 1,5 м.
 5. 3,5 м.
21. Наибольший продольный уклон дороги IV категории допускается:
1. 60 ‰.
 2. 70 ‰.
 3. 50 ‰.
 4. 40 ‰.
 5. 80 ‰.
22. Полевые дороги обеспечивают транспортную связь между:
1. Массивами севооборотов и их полями с производственными центрами сельскохозяйственных организаций.
 2. Центральными усадьбами сельскохозяйственных организаций и районными центрами.
 3. Районными центрами и железнодорожными станциями.
 4. Районными центрами между собой.
 5. Районными центрами и областными центрами.

23. Тракторные дороги пред-назначены:
1. Для движения тракторов, сельскохозяйственных, строительных и самоходных машин на гусеничном ходу.
 2. Для движения автомобильного транспорта.
 3. Для движения пешеходов.
 4. Для движения легкового транспорта.
 5. Для движения гужевого транспорта.
24. Служебные и патрульные дороги обеспечивают:
1. **Обслуживание и наблюдение за каналами, трубопроводами и другими линейными объектами.**
 2. Обеспечивают подъезды к крупным транспортным узлам.
 3. Связывают районные центры с центральными усадьбами сельскохозяйственных организаций.
 4. Обеспечивают подъезды к хозяйственным центрам сельхозорганизаций.
 5. Обеспечивают связь хозцентров с массивами севооборотов.
25. Дорожные изыскания – это работы, обеспечивающие:
1. **Сбор материалов, необходимых для составления рабочего проекта строительства автомобильной дороги.**
 2. Проектирование дороги в продольном профиле.
 3. Проектирование дороги в поперечном профиле.
 4. Проектирование дороги в плане.
 5. Расчеты параметров дорожной одежды.
26. Дорожные изыскания подразделяются на следующие виды:
1. **Экономические и технические.**
 2. Природные и экономические.
 3. Ресурсные.
 4. Нормативные.
 5. Балансовые.
27. Экономические изыскания подразделяются на:
1. **Комплексные и титульные.**
 2. Территориальные и плановые.
 3. Общие и частные.
 4. Областные и районные.
 5. Региональные и местные.
28. Комплексные изыскания включают сбор и изучение информации:
1. **В пределах определенной территории (района, сельскохозяйственной организации).**
 2. В пределах населенного пункта.
 3. В пределах отдельного дорожного маршрута.
 4. В пределах полосы отвода.
 5. В границах землепользования.
29. Экономические дорожные изыскания проводят поэтапно:
1. **В 2 стадии.**
 2. В 3 стадии.
 3. В 4 стадии.
 4. В 5 стадии.
 5. В 6 стадии.

30. Титульные изыскания проводятся для сбора информации:
1. Об отдельном дорожном маршруте.
 2. Об территории сельскохозяйственной организации.
 3. Об территории административного района.
 4. Об территории населенного пункта.
 5. Об территории производственного центра.
31. Технические изыскания подразделяются на:
1. На рекогносцировочные и подробные.
 2. Общие и частные.
 3. Детальные и приближенные.
 4. Локальные и сводные.
 5. Основные и дополнительные.
32. В результате технических изысканий выполняют:
1. Выбор наивыгоднейшего направления дороги, закрепление трассы на местности.
 2. Построение продольного профиля автомобильной дороги.
 3. Построение поперечного профиля автомобильной дороги.
 4. Расчет параметров кюветов.
 5. Расчет параметров моста.
33. Работы, выполняемые при технических изысканиях, подразделяются на:
1. Подготовительные.
 2. Полевые.
 3. Камеральные.
 4. Все перечисленные в п. 1–3.
 5. Предпроектные.
34. В период подготовительных технических изысканий:
1. Изучают и анализируют материалы о районе размещения дороги.
 2. Выполняют геодезические работы, связанные с установлением местоположением дороги.
 3. Производят почвенно-грунтовые обследования.
 4. Проектируют дорогу в поперечном профиле.
 5. Проектируют дорогу в продольном профиле.
35. В камеральный период технических изысканий выполняют:
1. Обработку и систематизацию данных, собранных в процессе полевого периода.
 2. Трассирование дороги.
 3. Определение местоположения залежей строительных материалов.
 4. Обследуют местоположение водных объектов на местности.
 5. Выполняют геодезические измерения на местности.
36. На основании данных экономических и технических изысканий составляется:
1. Задание на проектирование.
 2. Акт на разработку проекта.
 3. Заключение на разработку проекта.
 4. Ведомость выполненных работ.
 5. Акт сдачи объекта в эксплуатацию.
37. Рабочий проект строительства автомобильной дороги разрабатывается:
1. В две или одну стадию.
 2. В три или четыре стадии.
 3. В пять или шесть стадий.
 4. Шесть или семь стадий.
 5. Семь или восемь стадий.

38. В одну стадию рабочий проект строительства автомобильной дороги составляется:

1. При строительстве несложных дорог местного значения.

2. При строительстве дорог республиканского значения.
3. При строительстве дорог общегосударственного значения.
4. При строительстве дорог международного значения.
5. При строительстве автомагистралей в сложных условиях местности.

39. Пункты, между которыми осуществляются транспортные связи называются:

1. Грузооборотными.

2. Транспортными.
3. Центральными.
4. Основными.
5. Второстепенными.

40. Грузооборотные пункты по своему значению подразделяются на несколько групп:

1. Одну.
2. Две.
- 3. Три.**
4. Четыре.
5. Пять.

41. Объем грузоперевозок выражается показателем:

1. Грузооборотом.

2. Транспортоборотом.
3. Интенсивностью движения.
4. Коэффициентом развития трассы.
5. Габаритом.

42. Схема транспортных связей отображает:

1. Направление и объем грузоперевозок.

2. Количество движущегося транспорта.
3. Численность перевозимых людей.
4. Скорость движения транспорта.
5. Размещения дорожной сети.

43. Схема транспортных связей может отображаться на плане:

1. В масштабе и вне масштаба.

2. Условно.
3. Специальными знаками.
4. В цифровом виде.
5. В 3-D изображении.

44. Схема транспортных связей обеспечивает:

1. Выбор направления и местоположения трассы проектируемой дороги.

2. Расчет параметров водопропускного сооружения.
3. Экономического обоснования проектирования трассы дороги.
4. Расчеты параметров водопропускных сооружений.
5. Установление объемов земляных работ.

45. При выборе направления трассы автомобильной дороги необходимо учитывать условия:

1. Проектировать по кратчайшему расстоянию между грузооборотными пунктами.

2. Пересекать водотоки в наиболее широких местах.
3. Размещать дорогу по наиболее возвышенным точкам рельефа.
4. По возможности размещать дорогу на пахотных землях.
5. Занимать земли с высоким баллом плодородия.

46. При выборе направления дорог в плане используют графоаналитические методы.
47. Автомобильные дороги, размещаемые на территории сельскохозяйственной организации и обеспечивающие ее внутренние перевозки являются:
48. Проселочные дороги обеспечивают связь:
49. Поселковые дороги сельскохозяйственной организации размещаются:
50. Полевые дороги включают:
51. Проектирование полевых дорог производится с учетом:
52. Магистральные полевые дороги связывают производственный центр с:
53. Линии обслуживания (полевые дороги) обеспечивают:
- 1. Комбинаторный и многоугольника сил.**
2. Векторный.
 3. Внемасштабный.
 4. Масштабного.
 5. Цифрового.
- 1. Внутрихозяйственными дорогами.**
2. Внехозяйственными дорогами.
 3. Республиканскими дорогами.
 4. Международными автомагистралями.
 5. Дорогами областного подчинения.
1. С районным центром.
 2. С полями севооборотов.
- 3. Между отдельными селениями сельскохозяйственной организации.**
4. Между районными центрами.
 5. Между областными центрами.
- 1. В центральной усадьбе и центрах производственных подразделений.**
2. В севооборотных массивах.
 3. В производственном центре хозяйства.
 4. В границах севооборотов.
 5. На территории животноводческих комплексов.
- 1. Магистральные дороги и линии обслуживания.**
2. Служебные и патрульные дороги.
 3. Внешние магистральные дороги.
 4. Лесовозные дороги.
 5. Дороги районного значения.
- 1. Перемещения по ним тракторных агрегатов и сельскохозяйственных машин.**
2. Внешних перевозок грузов.
 3. Международных транспортных сообщений.
 4. Движения сельских жителей.
 5. Наличия и размещения транспортных узлов района.
- 1. Севооборотным массивом.**
2. С центральной усадьбой.
 3. С районным центром.
 4. С областным центром.
 5. С железнодорожной станцией.
- 1. Холостые проезды и развороты транспортных агрегатов во время работы на полях севооборота.**
2. Движение легкового транспорта.
 3. Связь внутрихозяйственных дорог сельскохозяйственной организации с дорогами общего пользования.
 4. Связь производственного центра с хозяйственным центром.
 5. Связь хозяйственного и районного центров.

54. Проектирование полевых дорог производят с учетом:

1. Положение границ полей, севооборотов и рабочих участков.

2. Положения инженерных сетей и коммуникаций.
3. Качественного состава земель.
4. Видов земель.
5. Размещения райцентров.

55. Установление технических показателей автомобильной дороги связано с определением:

1. Среднесуточной интенсивности движения транспорта.

2. Местоположения дороги.
3. Природно-климатических условий.
4. Залежей полезных ископаемых.
5. Количества переездов местного населения.

56. Для определения интенсивности движения автомобилей определяют:

- 1. Грузонапряженность дороги (титула).**
2. Длину водопропускного сооружения.
3. Ширину полосы отвода автомобильной дороги.
4. Допустимую скорость движения транспорта.
5. Высоту земляного полотна.

57. Интенсивность движения автомобилей рассчитывается по формуле:

$$1. N = \frac{Qfk}{t\phi P}$$

$$2. B = \frac{Q_n}{\epsilon h_d v_d}$$

$$3. K = \frac{Q_n}{\sqrt{I_o}}$$

$$4. P_b = EK + C \rightarrow \min.$$

$$5. K_1 = I_{c_1}$$

58. Показатель интенсивности движения автомобилей имеет единицы измерения:

1. авт./сут.

2. т/год.

3. м³/с.

4. км/ч.

5. т/м².

59. Для дорог IV категории расчетная скорость движения транспорта составляет:

1. 80 км/ч.

2. 100 км/ч.

3. 120 км/ч.

4. 60 км/ч.

5. 125 км/ч.

60. Плотность дорожной сети определенной территории находится как:

1. Отношение протяженности дорожной сети к площади территории.

2. Отношение протяженности дорожной сети к массе перевозимого по ней груза.

3. Отношение протяженности дорожной сети к количеству транспортных средств, движущихся по ней за единицу времени.

4. Отношение протяженности дорожной сети к длине дорог с твердым покрытием.

5. Отношение протяженности дорожной сети к численности пассажироперевозок.

61. В состав технических показателей оценки вариантов размещения трасс дорог в плане входят:

62. Коэффициент развития трассы определяется как:

63. В состав экономических показателей оценки вариантов размещения трасс дорог в плане входят:

64. Стоимость строительства автомобильной дороги определяется по формуле:

65. Для расчета стоимости строительства инженерного водопропускного сооружения необходимо иметь информацию:

1. Длина трассы и площадь земель под дорогой.

2. Стоимость строительства дорог.
3. Затраты на перевозки грузов.
4. Сбережения на эксплуатацию дорог.
5. Приведенные затраты.

1. Отношение длины запроектированной трассы к длине по прямой между ее начальной и конечной точками.

2. Отношение длины трассы к объему перевозимого по ней груза.
3. Отношение длины трассы к площади занимаемых дорогой земель.
4. Отношение длина трассы к количеству транспортных средств, передвигающихся по ней.
5. Отношение длины дорог с твердым покрытием к общей протяженности дорог района.

1. Капитальные затраты, ежегодные затраты и сбережения.

2. Максимальный продольный уклон местности по трассе и наименьшее расстояние видимости поверхности дороги.
3. Количество пересечения водотоков и их общая ширина.
4. Количество пересечений с существующими дорогами.
5. Коэффициент развития трассы.

$$1. K_d = L_d \cdot c_d \cdot$$

$$2. K = S_d \cdot c_n \cdot k_n \cdot$$

$$3. K = K_1 + K_2 + K_3.$$

$$4. t = \frac{K_c}{\Theta_{\text{общ}}} \cdot$$

$$5. P_b = EK + C \rightarrow \min \cdot$$

1. О длине инженерного сооружения и стоимости строительства его 1 пог. м.

2. О габарите инженерного сооружения.
3. О строительном материале, из которого планируется строительство инженерного сооружения.
4. О количестве транспортных средств, передвигающихся по инженерному сооружению.
5. О пропускной способности сооружения.

66. Ежегодные затраты на перевозку грузов определяются по формуле:

$$1. P = \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i .$$

$$2. Z_n = \sum_{i=1}^n S_n n_i .$$

$$3. C_c = R + P + A + Z_n .$$

$$4. K = K_1 + K_2 + K_3 .$$

$$5. \vartheta = (S_c - S_n) D .$$

67. Суммарные приведенные затраты на строительство автомобильной дороги находятся по формуле:

$$1. Z_n = E_n K_c + C_c \Rightarrow \min .$$

$$2. Z_n = K_c + C_c \Rightarrow \min .$$

$$3. Z_n = E_n K_c \Rightarrow \min .$$

$$4. Z_n = \frac{K_c + C_c}{E_n} \Rightarrow \min .$$

$$5. Z_n = TK_c + C_c E \Rightarrow \min .$$

68. Ежегодные сбережения на перевозки грузов можно рассчитать по формуле:

$$1. \vartheta = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i - \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i .$$

$$2. \vartheta = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i .$$

$$3. \vartheta = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i}{\sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i} .$$

$$4. P = \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i .$$

$$5. t = \frac{K_c}{\vartheta_{\text{общ}}} .$$

69. Величину экономии (убытка) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель под дорогами определяют по формуле:

$$1. \vartheta = (S_c - S_n) D .$$

$$2. \vartheta = \frac{S_c - S_n}{D} .$$

$$3. \vartheta = \frac{S_c D}{S_n} .$$

$$4. \vartheta = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i .$$

$$5. \vartheta = \sum_{i=1}^n L_i r_i - \sum_{i=1}^n L_i r'_i .$$

70. Окончательным показателем, характеризующим варианты размещения дороги в плане, является:

1. Срок окупаемости капиталовложений на строительство дороги.

2. Суммарные сбережения.
3. Суммарные капитальные затраты.
4. Суммарные приведенные затраты.
5. Суммарные ежегодные затраты.

71. Срок окупаемости капиталовложений в строительство автомобильной дороги находится по формуле:

$$1. t = \frac{K_c}{\mathcal{E}_{\text{общ}}}$$

$$2. t = \frac{\mathcal{E}_{\text{общ}}}{K_c}$$

$$3. t = K_c \mathcal{E}_{\text{общ}}$$

$$4. t = K_c C$$

$$5. t = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i$$

72. Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость в определенном масштабе называют:

1. Планом трассы.

2. Чертежом дороги.
3. Продольным профилем дороги.
4. Поперечным профилем дороги.
5. Поперечным профилем дорожной одежды.

73. Горизонтальные кривые на дорогах IV категории вписываются если угол поворота трассы ($\acute{\alpha}$) имеет значение:

$$1. \acute{\alpha} \geq 10^\circ$$

$$2. \acute{\alpha} \leq 10^\circ$$

$$3. \acute{\alpha} \leq 5^\circ$$

$$4. 2^\circ \leq \acute{\alpha} \leq 10^\circ$$

$$5. \acute{\alpha} \geq 3^\circ$$

74. Горизонтальная кривая характеризуется следующими параметрами:

1. Углом поворота ($\acute{\alpha}$) и радиусом (R).

2. Углом поворота ($\acute{\alpha}$) и точкой нулевых работ.
3. Углом поворота и кюветом.
4. Углом поворота и продольным уклоном.
5. Углом поворота и коэффициентом развития трассы.

75. Элемент горизонтальной кривой тангенс (T) определяется по формуле:

$$1. T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$2. T = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

$$3. T = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$4. T = \frac{180}{R} \operatorname{tg} \alpha$$

$$5. T = \frac{K}{2} \pi$$

76. Длина горизонтальной кривой (K) определяется по формуле:

$$1. K = \frac{\pi R \alpha}{180}.$$

$$2. K = \frac{\pi \alpha}{180}.$$

$$3. K = \pi R \alpha.$$

$$4. K = \frac{\pi R^2}{180}.$$

$$5. K = \frac{\pi \alpha}{R}.$$

77. Элемент горизонтальной кривой домер (D) показывает:

1. На сколько сумма двух тангенсов больше длины кривой.

2. На сколько сумма двух тангенсов больше биссектрисы.

3. На сколько кривая больше длины двух тангенсов.

4. На сколько длина кривой больше длины ее радиуса.

5. На сколько длина кривой больше длины двух радиусов.

78. Для построения продольного профиля производят разбивку пикетажа по трассе дороги:

1. Через 100 м или 50 м.

2. Через 60 или 30 м.

3. Через 40 или 20 м.

4. Через 300 или 150 м.

5. Через 200 или 300 м.

79. При разбивке пикетажа положение пикета начала горизонтальной кривой в плане определяется по формуле:

$$1. PK_{HK} = PK_{BY} - T.$$

$$2. PK_{HK} = PK_{BY} - D.$$

$$3. PK_{HK} = PK_{BY} + D.$$

$$4. PK_{HK} = PK_{BY} - B.$$

$$5. PK_{HK} = PK_{KK} - B.$$

80. При разбивке пикетажа положение пикета конца горизонтальной кривой в плане определяют по формуле:

$$1. PK_{KK} = PK_{BY} + T - D.$$

$$2. PK_{KK} = PK_{BY} + D.$$

$$3. PK_{KK} = PK_{BY} + K.$$

$$4. PK_{KK} = PK_{HK} + B.$$

$$5. PK_{KK} = PK_{BY} + B.$$

81. Процесс проектирования оси дороги на плановую основу в определенном масштабе называют:

1. Трассированием.

2. Планированием.

3. Масштабированием.

4. Нивелированием.

5. Горизонтированием.

82. Трассирование автомобильной дороги в плане может выполняться:

1. Тангенциальным и «сплайн» методами.

2. Диагональным и векторным методами.

3. Методами по обвертывающей и секущей.

4. Аналитическим методом.

5. Графическим методом.

83. Трассирование местной автомобильной дороги на мелиорируемых землях привязывается:

1. К положению элементов мелиоративной сети.

2. К размещению полей севооборотов.

3. К положению полевых защитных полос.

4. К положению линейных коммуникаций (железной дороги).

5. К размещению водопропускных сооружений.

84. Центробежная сила, действующая на движущийся по горизонтальной кривой автомобиль, определяется по формуле:

$$1. F = \frac{mv^2}{gR}.$$

$$2. F = \frac{v^2}{gR}.$$

$$3. F = \frac{m}{gR}.$$

$$4. F = \frac{R}{g}m.$$

$$5. F = \frac{mv^2}{g}.$$

85. Наименьший радиус горизонтальных кривых в плане для дорог IV категории составляет:

1. 250 м.

2. 400 м.

3. 125 м.

4. 100 м.

5. 50 м.

86. На вираж дороги для обеспечения устойчивости автомобиля устраивают:

1. **Односкатный профиль с уклоном в сторону центра кривой.**

2. Двускатный поперечный профиль.

3. Трехскатный поперечный профиль.

4. Двускатный и трехскатный поперечные профили.

5. Односкатный профиль без уклона в сторону центра кривой.

87. Радиус горизонтальной кривой, при котором обеспечивается устойчивое движение автомобиля, определяется по формуле:

$$1. R \geq \frac{v^2}{127(0,3\phi \pm i)}.$$

$$2. R \geq \frac{127(0,3\phi \pm i)}{v^2}.$$

$$3. R \geq \frac{mv^2}{gR(0,3\phi \pm i)}.$$

$$4. R \geq \frac{F\delta}{0,3\phi \pm i}.$$

$$5. R \geq \frac{127(0,3\phi \pm i)}{m}.$$

88. Участок автомобильной дороги с односкатным поперечным профилем называется:

1. **Вираж.**

2. Кювет.

3. Обочина.

4. Земляное полотно.

5. Обрез.

89. Вираз автомобильной дороги имеет элемент:

1. **Откос виража.**

2. Основание виража.

3. Кривую виража.

4. Кювет виража.

5. Кавальер виража.

90. Пересечения и примыкания автомобильных дорог бывают:
1. В одном и разных уровнях.
 2. Низкие и высокие.
 3. Ровные и извилистые.
 4. Береговые и промежуточные.
 5. Поперечные и продольные.
91. Пересечения автомобильных дорог проектируют по возможности под углом:
1. 90°.
 2. 5°.
 3. 23°.
 4. 32°.
 5. 120°.
92. Продольный профиль автомобильной дороги отражает:
1. Положение проезжей части дороги относительно поверхности земли.
 2. Положение полосы отвода.
 3. Положение оси дороги относительно поверхности земли.
 4. Положение кювета относительно земли.
 5. Положение банкета относительно земли.
93. При размещении проектной линии в продольном профиле над профилем земной поверхности земляное полотно дороги возводят:
1. В насыпи.
 2. В выемке.
 3. В точках "0" работ.
 4. В кюветах.
 5. В полосе отвода.
94. При пересечении проектной линией профиля земной поверхности дорога располагается:
1. В насыпи.
 2. В выемке.
 3. В точках "0" работ.
 4. В кюветах.
 5. В полосе отвода.
95. Положение проектной линии в продольном профиле дороги характеризуется:
1. Отметками бровки земляного полотна.
 2. Отметками земли по оси дороги.
 3. Отметками тальвега.
 4. Отметками условного горизонта.
 5. Отметками уровня грунтовых вод.
96. Разница между отметкой бровки земляного полотна и отметкой земли по оси дороги есть:
1. Рабочая отметка.
 2. Отметка главного лога.
 3. Отметка дна водотока.
 4. Отметка оси дороги.
 5. Отметка бровки кювета.
97. Для улучшения эксплуатационных показателей автомобильную дорогу в продольном профиле стремятся проектировать:
1. С минимальными уклонами.
 2. С нулевым уклоном.
 3. С максимальным уклоном.
 4. В глубокой выемке.
 5. В высокой насыпи.
98. Рекомендуемую рабочую отметку земляного полотна дороги в продольном профиле для суглинистых и глинистых почв принимают:
1. 0,5–0,8 м.
 2. 1,0–1,5 м.
 3. 2,0–3,0 м.
 4. 4–5 м.
 5. 5–6 м.

99. Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии в продольном профиле автомобильной дороги называется:

100. Кюветом называется:

101. Отметка бровки земляного полотна автомобильной дороги в продольном профиле определяется по формуле:

102. На дорогах низких категорий вертикальные кривые в продольном профиле вписываются при алгебраической разности уклонов:

103. Длина вертикальной кривой в продольном профиле дороги находится:

104. Значение биссектрисы вертикальной кривой в продольном профиле находится по формуле:

1. Шагом проектирования.

2. Расстоянием видимости встречного транспорта.
3. Расстоянием видимости поверхности дороги.
4. Расстоянием между пикетами.
5. Расстоянием от НК до ВУ.

1. Водоотводное сооружение, обеспечивающее отвод поверхностных стоков.

2. Водопропускное сооружение.
3. Водозадерживающее сооружение.
4. Водопоглощающее сооружение.
5. Водоотталкивающее сооружение.

1. $H_{n+1} = H_n \pm l_i$.

2. $H_{n+1} = \frac{h}{l}$.

3. $H_{n+1} = \frac{H_2 - H_1}{l}$.

4. $H_{n+1} = \frac{H_2 - H_1}{S}$.

5. $H_{n+1} = \frac{\pi R \alpha}{180}$.

1. 20 % и более.

2. 5 % и более.
3. 10 % и более.
4. 50 % и более.
5. 100 % и более.

1. $K = R(i_1 \pm i_2)$.

2. $K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}$.

3. $K = 2T - Д$.

4. $K = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$.

5. $K = \frac{mv^2}{2R}$.

1. $B = \frac{T^2}{2R}$.

2. $B = \sqrt{T^2 - R^2} - R$.

3. $B = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$.

4. $B = \frac{(a+b)}{2} h$.

5. $B = ml \frac{(h_2 - h_1)^2}{12}$.

105. Вертикальные кривые в продольном профиле бывают:

1. Выпуклыми и вогнутыми.
2. Симметричными и асимметричными.
3. Радиальными и ортогональными.
4. Эллипсоидные и синусоидные.
5. Прямые и обратные.

106. В рабочие отметки продольного профиля вводятся поправки за вертикальные кривые, определяемые по формуле:

1. $y = \frac{x^2}{2R}$.
2. $y = \frac{ax}{R}$.
3. $y = \frac{2R}{x^2}$.

107. Расстояние от пикетажа до точки «нулевых» работ в продольном профиле определяется по формуле:

1. $x = \frac{h_1 l}{h_1 + h_2}$.
2. $x = \frac{h_1 + h_2}{h_1 l}$.
3. $x = \frac{h_1 + h_2}{l}$.

108. Водоотводные сооружения – кюветы проектируются:

1. В выемках, насыпях до 0,5 м и точках "0" работ.

2. В выемках, насыпях более 0,5 м и точках "0" работ.

3. Только в выемках и точках "0" работ.

109. Кювет автомобильной дороги укрепляется одерновой при продольном уклоне:

1. от 10 до 30 %.

2. от 30 до 50 %.

3. более 50 %.

110. При продольном уклоне

1. Перепады и быстротоки.

2. Кюветы и резервы.

3. Кюветы и нагорные канавы.

следующие водоотводные сооружения:

1. Обвертывающей и секущей.

2. Тангенциальный и «сплайн» метод.

3. Тупиковый и кольцевой.

111. При проектировании дорог местного значения в продольном профиле используются следующие методы:

1. Во всех пикетах и плюсовых точках.

2. Только в пикетах.

3. В плюсовых точках и точках "0" работ.

112. Объем земляных работ при возведении земляного полотна дороги рассчитывается:

113. Площадь поперечного сечения автомобильной дороги в насыпи определяется по формуле:

1. $F = \frac{(a+b)}{2} h$.

2. $F = ab$.

3. $F = \pi R^2$.

114. Ширина подошвы насыпи поперечного профиля автомобильной дороги определяется по формуле:

1. $B = a + 2 hm$.

2. $B = 2 hm$.

3. $B = a + hm$.

115. Кювет автомобильной дороги укрепляется камнем при продольном уклоне:

1. от 10 до 30 %.
2. до 10 %.
3. **от 30 до 50 %.**
4. более 50 %.

116. Проезжая часть автомобильной дороги на вираже:

1. Сужается.
2. **Расширяется за счет обочин.**
3. Остается без изменения.

117. Поправки за вписывание вертикальных кривых в продольном профиле вводятся:

1. **В рабочие отметки.**
2. В отметки бровки земляного полотна.
3. В отметки земли.

118. С каким знаком вводятся поправки за вписывание выпуклых вертикальных кривых в продольном профиле:

1. **Со знаком "-".**
2. Со знаком "+".
3. Со знаком "+" и "-".

119. С каким знаком вводятся поправки за вписывание вогнутых вертикальных кривых:

1. Со знаком "-".
2. **Со знаком "+".**
3. Со знаком "+" и "-".

120. Кромкой проезжей части дороги называется:

1. **Граница между проезжей частью дороги и обочиной.**

121. Земляное полотно автомобильной дороги включает:

2. Граница между обочиной и откосом.
3. Граница между обрезами и откосом.
1. **Проезжую часть и две обочины.**
2. Проезжую часть и откос земляного полотна.
3. Обочины и откос земляного полотна.

122. Граница между обочиной и откосом земляного полотна называется:

1. **Бровка земляного полотна.**
2. Кромка проезжей части.
3. Подошва земляного полотна.

123. Кавальером называется:

1. **Отвал грунта со спланированными под откос поверхностями.**
2. Углубление для задержания поверхностных вод.
3. Кювет, расширенный по дну.

124. Ширина полосы отвода автомобильной дороги зависит от:

1. **Категории автомобильной дороги.**
2. Класса автомобильной дороги.
3. Протяженности автомобильной дороги.

125. Типовые поперечные профили автомобильной дороги используются при ее проектировании:

1. **По равнинной местности.**
2. Через болото.
3. По пересеченной местности.

126. К источникам увлажнения земляного полотна относят:

1. **Грунтовые воды.**
2. Артезианские воды.
3. Подрусловые воды.

127. К системе дорожного водоотвода относят:

1. **Кюветы и испарительные бассейны.**
2. Дорожную одежду и дорожное корыто.
3. Обрез и берму.

128. Интенсивность зимнего перераспределения влаги в земляном полотне характеризуется:

1. **Коэффициентом пучения.**
2. Коэффициентом сцепления.
3. Коэффициентом устойчивости земляного полотна.

129. Броды проектируются через постоянные водотоки глубиной до:

1. **0,3–0,4 м.**
2. 1,0–1,5 м.
3. 1,5–2,0 м.
4. до 1,0 м.

130. Путепроводы устраиваются:

1. **При пересечении железных дорог и улиц в разных уровнях.**
2. При пересечении водотоков.
3. При пересечении оврагов.

131. Для проезда через глубокие ущелья, овраги и другие естественные препятствия устраиваются:

1. Виадук.
2. Эстакады.
3. Путепроводы.

132. Искусственное сооружение, устраиваемое в нижней части насыпи – для пропуска небольших расходов воды называется:

1. Дорожной трубой.
2. Мостом.
3. Путепроводом.
4. Забанкетной канавой.

133. Высотой моста называется расстояние, измеряемое от:

1. Самой нижней точки пролетного строения до дна водотока.

2. Береговых спор (боков) до дна водотока.
3. Самой верхней точки пролетного строения до дна водотока.

134. Длина моста рассчитывается по формуле:

1. $L = B + nd + 2mH + 0,5$.

2. $L = 2mH + 0,5$.

3. $L = H + P + K$.

135. При безнапорном режиме работы дорожной трубы:

1. На всем протяжении трубы есть свободная поверхность.

2. Уровень воды неустойчивый и пропускная способность трубы постоянно изменяется.
3. Труба полностью заполнена водой, свободных пространств нет.

136. Дорожной одеждой называется:

1. Укрепленная часть земляного полотна.

2. Укрепления откосов земляного полотна.

3. Укрепление кюветов.

137. Покрытием дорожной одежды называется:

1. Верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды.

2. Второй слой дорожной одежды, обеспечивающий распределение нагрузок на земляное полотно.

3. Подстилающий слой дорожной одежды.

138. К капитальному типу дорожной одежды относят:

1. Асфальтобетонные и цементобетонные покрытия.

2. Гравийные и щебеночные покрытия.

3. Гравийные и щебеночные покрытия, обработанные вяжущими материалами.

4. Гравийные покрытия, обработанные вяжущими материалами.

139. К жесткому типу дорожной одежды относят:

1. Дорожная одежда с цементобетонным монолитным покрытием.

2. Асфальтобетонная дорожная одежда на гравийном основании.

3. Гравийные и щебеночные покрытия, обработанные вяжущими материалами.

4. Грунтовое покрытие, обработанные вяжущими материалами

140. Землеройные машины включают:

1. Грейдер-элеватор.

2. Асфальтосмеситель.

3. Пескоразбрасыватель.

4. Роторный снегоочиститель.

КРАТКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Автомагистраль – автомобильная дорога, не предназначенная для обслуживания прилегающих территорий и имеющая на всей своей протяженности несколько проезжих частей и центральную разделительную полосу и не пересекающая в одном уровне железные, а также иные автомобильные дороги; доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях; на проезжей части или проезжих частях которой запрещены остановки и стоянки транспортных средств; оборудованная специальными местами отдыха и площадками для стоянки транспортных средств.

Автомобильная дорога – комплексное сооружение, предназначенное для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, а также земельные участки, предоставленные для размещения объектов, входящих в состав этого сооружения.

Автомобильная дорога общего пользования – автомобильная дорога, предназначенная для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством.

Автомобильная дорога необщего пользования – автомобильная дорога, предназначенная для использования в порядке, определяемом ее владельцем, с учетом требований, установленных законодательством.

Видимость встречного автомобиля – минимальное расстояние видимости до встречного автомобиля, движущегося с расчетной скоростью, обеспечивающее безопасное прерывание обгона с полосы встречного движения.

Возведение автомобильной дороги – комплекс технологических, инфраструктурных и управленческих процессов по сооружению автомобильной дороги.

Габарит моста – контур на его поперечно разрезе, ограничивающий пространство, свободное от каких-либо конструкций и предназначенное для безопасного движения транспорта.

Габарит приближения конструкций – предельное, перпендикулярное к продольной оси сооружения очертание пространства, внутрь которого не должны заходить какие-либо элементы сооружения или расположенных на нем устройств.

Габарит по ширине для мостовых сооружений – расстояние между ближайшими к продольной оси точками ограждения проезда, в которое входит и ширина разделительной полосы, не имеющей ограждений.

Габарит по высоте для мостовых сооружений – расстояние от поверхности проезда до верхней линии очертания габарита.

Грунтовые воды – подземные воды первого от поверхности земли постоянного водоносного горизонта, расположенного на первом водонепроницаемом слое.

Дополнительные слои основания – слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые для обеспечения требуемой морозоустойчивости и дренирования конструкции, позволяющие снижать толщину вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В зависимости от функции дополнительный слой бывает морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии, в том числе с применением геосинтетических материалов; из местных грунтов, обработанных различного вида вяжущими или стабилизаторами, а также из смесей с добавками пористых заполнителей.

Дорога скоростная – дорога для скоростного движения, доступ на которую возможен только через транспортные развязки или регулируемые перекрестки, на проезжей части или проезжих частях которых запрещены остановки и стоянки транспортных средств и которые оборудованы специальными местами отдыха и площадками для стоянки транспортных средств.

Дорожное полотно – часть земляного полотна дороги, включающая проезжую часть, обочины и (при наличии) разделительную полосу.

Дорожная сеть – совокупность всех общественных дорог на определенной территории.

Дополнительные слои дорожной одежды – слои расположенные ниже основания слои, обеспечивающие морозоустойчивость и (или) дренирование дорожной одежды и рабочего слоя.

Дополнительные слои основания – слои, расположенные между несущими слоями основания и подстилающим грунтом на участках с неблагоприятными погодными-климатическими и грунтово-гидрологическими условиями, обеспечивающие морозоустойчивость и (или) дренирование дорожной одежды и рабочего слоя.

Дорожная деятельность – деятельность по проектированию, возведению, реконструкции, эксплуатации (содержанию и текущему ремонту), капитальному ремонту автомобильных дорог, а также иные связанные с ней работы (услуги).

Дорожные сооружения – инженерные (искусственные) сооружения (мост, путепровод, эстакада, тоннель и другое) для пропуска транспортных средств, пешеходов, животных в местах пересечения автомобильной дороги с естественным или искусственным препятствием.

Дорожная одежда – конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно.

Дорожная одежда капитального типа – дорожная одежда, обладающая наиболее высокой работоспособностью (максимальные уровни надежности и коэффициенты прочности), соответствующей условиям движения, категории автомобильной дороги и срокам их службы, применяемая на автомобильных дорогах категорий I–IV.

Дорожная одежда облегченного типа – дорожная одежда с покрытием из асфальтобетонов, органоминеральных смесей или из щебеночных (гравийных) материалов, обработанных органическим вяжущим, применяемая на автомобильных дорогах категорий III–V, имеющая пониженные по сравнению с капитальными дорожными одеждami уровень надежности и коэффициенты прочности.

Дорожная одежда переходного типа – дорожная одежда с покрытиями из щебня прочных пород, щебеночно-гравийно-песчаных смесей или из грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими, булыжного и колотого камня (мостовых), применяемая на автомобильных дорогах категорий IV–V.

Дорожная одежда низшего типа – дорожная одежда с покрытиями из гравийно-песчаных и песчано-гравийных смесей, из малопрочных каменных материалов и шлаков, из грунтов, улучшенных различными местными материалами, техногенных грунтов, отходов и побочных продуктов промышленности, применяемая на автомобильных дорогах категории V.

Дорожная одежда жесткая – дорожная одежда с цементобетонным монолитным покрытием, со сборным покрытием из железобетонных плит, с асфальтобетонным покрытием на основании из цементобетона.

Дорожная одежда нежесткая – дорожная одежда, не содержащая в своем составе конструктивных слоев из монолитного цементобетона, сборного железобетона.

Дорожная одежда капитального типа – дорожная одежда, обладающая наиболее высокой работоспособностью (максимальные уров-

ни надежности и коэффициенты прочности), соответствующей условиям движения, категории автомобильной дороги и срокам их службы, применяемая на автомобильных дорогах категорий I–IV.

Дорожная одежда облегченного типа – дорожная одежда с покрытием из асфальтобетонов, органоминеральных смесей или из щебеночных (гравийных) материалов, обработанных органическим вяжущим, применяемая на автомобильных дорогах категорий III–V, имеющая пониженные по сравнению с капитальными дорожными одеждами уровень надежности и коэффициенты прочности.

Дорожная одежда переходного типа – дорожная одежда с покрытиями из щебня прочных пород, щебеночно-гравийно-песчаных смесей или из грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими, булыжного и колотого камня (мостовых), применяемая на автомобильных дорогах категорий IV–V.

Дорожная одежда низшего типа – дорожная одежда с покрытиями из гравийно-песчаных и песчано-гравийных смесей, из малопрочных каменных материалов и шлаков, из грунтов, улучшенных различными местными материалами, техногенных грунтов, отходов и побочных продуктов промышленности, применяемая на автомобильных дорогах категории V.

Дорожное полотно – часть земляного полотна дороги, включающая проезжую часть, обочины и (при наличии) разделительную полосу.

Дорожные сооружения – инженерные (искусственные) сооружения (мост, путепровод, эстакада, тоннель и другое) для пропуска транспортных средств, пешеходов, животных в местах пересечения автомобильной дороги с естественным или искусственным препятствием.

Дорожных одежд классификация – разделение дорожных одежд по типам исходя из их капитальности, характеризующей работоспособность дорожной одежды.

Дренарующий слой – конструктивный слой дорожной одежды, обеспечивающий осушение верхнего слоя земляного полотна и дорожной одежды в период избыточного увлажнения, что способствует повышению прочности и надежности дорожной одежды.

Примечание. Функции дренающего слоя также выполняет подстилающий слой. Дренарующий слой устраивают из фильтрующих материалов с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут.

Защитный слой (дорожного покрытия) – слой толщиной от 0,5 до 3,0 см, предназначенный для защиты верхнего слоя дорожного по-

крытия от непосредственного воздействия колес транспортных средств и (или) погоднo-климатических факторов.

Примечание. Защитный слой не учитывают при конструктивных слоях дорожных одежд автомобильных дорог.

Земляное полотно – конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги.

Инженерные изыскания дорог – комплекс исследований, в ходе которых осуществляется изучение природных, технических, экономических факторов строительства и эксплуатации автодорог, а также железнодорожных путей. Материалы, полученные в ходе геодезических, геологических, гидрометеорологических, экологических и прочих видов изысканий, используются для принятия обоснованных проектных решений.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – системная интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта.

Интенсивность движения – количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени.

Канава боковая придорожная – канава, проходящая вдоль земляного полотна для сбора и отвода поверхностных вод, с поперечным сечением лоткового, треугольного или трапецидального профиля.

Канава нагорная – канава, расположенная с нагорной стороны от дороги для перехвата стекающей по склону воды и с отводом ее от дороги.

Капиллярное движение – перемещение влаги в грунтах или основаниях дорожных одежд, происходящее по капиллярным порам снизу вверх или в стороны под воздействием капиллярных сил, возникающих на границе раздела фаз, входящих в состав грунта.

Капитальный ремонт автомобильной дороги – комплекс работ по замене и (или) восстановлению конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и (или) их частей, выполнение которых осуществляется в пределах установленных допустимых значений и технических характеристик класса и категории автомобильной

дороги и при выполнении которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги и не изменяются границы полосы отвода и геометрические параметры автомобильной дороги.

Категория автомобильной дороги – характеристика, определяющая технические параметры автомобильной дороги.

Категория автомобильной дороги (проектная) – критерий, характеризующий значение автомобильной дороги в общей транспортной сети страны и определяемый интенсивностью движения на ней. В соответствии с категорией назначаются все технические параметры дороги.

Класс автомобильной дороги – характеристика автомобильной дороги по функциональному назначению, условиям доступа и обеспечиваемому уровню обслуживания.

Клотоида – кривая в плане, кривизна которой возрастает от начала пропорционально ее длине.

Конструктивный элемент автомобильной дороги – конструкция, воспринимающая внешние и внутренние нагрузки и передающая их другим конструкциям или основанию.

Лесная дорога – дорога, расположенная на территории лесного фонда предназначенная для проезда транспортных средств, обеспечивающих деятельность работников лесного хозяйства, лесозаготовительной и лесохимической промышленности.

Мостовой переход – комплекс инженерных сооружений, предназначенный для перехода через водоток.

Примечание. Мостовой переход включает мостовое сооружение, подходы к нему, берегоукрепительные и регуляционные сооружения.

Мостовое сооружение – инженерное сооружение, состоящее из опор и пролетных строений, предназначенное для пропуска через препятствия железнодорожного и автомобильного транспорта, пешеходов и коммуникаций различного назначения.

Примечание. К мостовым сооружениям относятся мосты, путепроводы, виадуки, эстакады.

Объекты дорожного сервиса – здания и сооружения, расположенные в пределах полосы отвода и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения (остановочные пункты автобусов, в том числе с павильонами, площадки для кратковременной остановки транспортных средств, площадки для отдыха со стоянками транспортных средств, устройства аварийно-вызывной связи и иные здания и сооружения).

Объекты придорожного сервиса – здания и сооружения, расположенные на придорожной полосе (в контролируемой зоне) и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения в пути следования (гостиницы, в том числе мотели и хостелы, кемпинги, станции технического обслуживания, автозаправочные станции, автомобильные стоянки, торговые объекты, объекты общественного питания, почтовой связи, электросвязи, оказания страховых и иных услуг, пункты медицинской помощи, мойки и иные здания и сооружения).

Обочина – элемент дороги, примыкающий непосредственно к проезжей части, предназначенный для обеспечения устойчивости земляного полотна, повышения безопасности дорожного движения, организации движения пешеходов и велосипедистов, а также использования при чрезвычайных ситуациях.

Обустройство дороги – комплекс дорожных сооружений, устройств и элементов дороги, предназначенных для обеспечения нормальной работы дорожной службы, безопасного и удобного движения по дороге.

Примечание. К ним относят инженерное оборудование дорог (дорожные инженерные устройства) и элементы обстановки дороги.

Организации государственного дорожного хозяйства – организации, осуществляющие дорожную деятельность и подчиненные республиканскому органу государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности или местным исполнительным и распорядительным органам.

Основание дорожной одежды – часть конструкции дорожной одежды автомобильной дороги, расположенная под покрытием, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции.

Примечание. Следует различать несущие и дополнительные слои основания. Несущие слои основания должны обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивыми.

Остановочная полоса – полоса, расположенная рядом с проезжей частью и включающая в себя укрепленную полосу обочины, предназначенная для размещения транспортных средств в случае вынужденного прекращения или прерыва движения.

Отгон виража – изменение поперечного уклона на прямом участке проезжей части дороги, обочины до поперечного уклона на кривой постоянного радиуса в плане и наоборот.

Откос – боковая наклонная поверхность, ограничивающая искусственное земляное сооружение.

Пересечение в одном уровне – пересечение автомобильных дорог, на котором транспортные потоки пересекаются в одном уровне.

Пересечение в разных уровнях – вид пересечения автомобильных дорог, на котором транспортные потоки пересекаются в разных уровнях, посредством путепроводов или других искусственных сооружений.

Переходная кривая – кривая постепенно изменяющейся кривизны для обеспечения плавного перехода между участками трассы, располагающаяся в плане между прямолинейным участком и кривой или между двумя кривыми разной кривизны.

Плавность трассы автомобильной дороги – пространственное сочетание параметров геометрических элементов плана, продольного и поперечного профиля трассы, обеспечивающее равномерный режим движения автомобиля с максимальной безопасной скоростью движения, оптимальные условия зрительного восприятия водителем параметров дороги и безопасность движения (для оценки плавности трассы используют ряд методов: оценку плавности построением линейных графиков скорости движения, графиков изменения кривизны, перспективных изображений участков дороги).

Поверхностный водоотвод – устройства, предназначенные для отвода воды с поверхности дороги; дренажные устройства, служащие для отвода воды с поверхности земляного полотна.

Покрытие дорожной одежды – верхняя часть дорожной одежды, состоящая из одного или нескольких слоев, воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся прямому воздействию атмосферных факторов.

Покрытие дорожное асфальтобетонное – однослойная или многослойная конструкция, устроенная из различных типов асфальтобетонных смесей с защитным слоем или без него.

Примечание. Может относиться к усовершенствованным дорожным покрытиям капитального типа (горячий асфальтобетон) или к облегченным дорожным покрытиям (теплый и холодный асфальтобетон).

Покрытие дорожное цементобетонное – усовершенствованное капитальное покрытие, одно- или двухслойное монолитное или сборное.

Примечание. Монолитное покрытие может быть армированным и неармированным.

Полоса отвода – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений, иных объектов, предусмотренных законодательством, и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Пользователи автомобильных дорог – юридические и физические лица, использующие автомобильную дорогу в качестве участников дорожного движения или осуществляющие деятельность, которая не относится к дорожной, в пределах полосы отвода.

Придорожные полосы (контролируемые зоны) – земельные участки, которые прилегают с обеих сторон к полосе отвода и в границах которых устанавливается особый режим их использования в целях обеспечения требований безопасности дорожного движения, а также создания необходимых условий для реконструкции, эксплуатации (содержания и текущего ремонта), капитального ремонта автомобильной дороги, ее сохранности с учетом перспектив развития автомобильной дороги.

Примыкание дорог – место соединения автомобильных дорог, где к одной дороге присоединяется в одном или разных уровнях другая дорога, не имеющая прямого продолжения и прерывающаяся в месте соединения.

Проектирование автомобильной дороги – производственный процесс, состоящий из комплекса проектно-конструкторских работ и экономических расчетов и осуществляемый по материалам инженерных изысканий.

Проектная документация – система взаимосвязанных документов, разработанных в соответствии с техническими нормативными правовыми актами, служащих основой строительства объектов.

Проект организации строительства – организационный документ, являющийся неотъемлемой и составной частью проектной документации и определяющий объемы, сроки строительства, потребность в ресурсах и общую технологию строительных работ (укрупненно решаются вопросы рациональной организации строительства).

Проект производства работ (ППР) – это организационно-технологическая документация, разрабатываемая с целью выбора наиболее эффективной технологии строительно-монтажных работ, способствующей сокращению строительства и улучшению качества работ. ППР составляется для строительства конкретного объекта строительной площадки.

Прочность дорожной одежды – способность конструкции дорожной одежды сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от нормативной транспортной нагрузки, приложенной к поверхности покрытия.

Пересечение в одном уровне – вид узла автомобильных дорог, в котором пересекающиеся дороги и все специальные устройства для перевода с одной дороги на другую расположены в одном уровне.

Пересечение в разных уровнях – вид узла автомобильных дорог, в котором пересекающиеся дороги расположены в двух или нескольких уровнях.

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, состоящая из одного или нескольких слоев, непосредственно воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся прямому воздействию атмосферных факторов.

Примыкание дорог – взаимное расположение дорог в узле, при котором одна из сходящихся дорог заканчивается в узле и не имеет продолжения.

Примечание. Примыкания могут быть в одном или разных уровнях.

Проезжая часть автомобильной дороги – конструктивный элемент автомобильной дороги, предназначенный для движения транспортных средств.

Рабочий слой – верхняя часть земляного полотна, расположенная в пределах от низа дорожной одежды до глубины 1,5 м от поверхности покрытия.

Расчетная скорость – скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части, исходя из которой определяются параметры элементов автомобильной дороги, необходимые по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.

Режим движения – комплексная характеристика движения транспортного потока, включающая скорости движения, интервалы между движущимися транспортными средствами, количество маневров (перестроений, обгонов, остановок).

Реконструкция автомобильной дороги – комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение параметров автомобильной дороги, ее участков, ведущий к изменению класса и (или) ка-

тегории автомобильной дороги либо влекущий за собой изменение границы полосы отвода.

Система управления содержанием автомобильных дорог и безопасностью дорожного движения – часть комплексной интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах, в рамках которой решаются задачи управления дорожным движением, контроля состояния дорожного покрытия и инженерных сооружений, сбора и прогнозирования метеообстановки на дорогах, информирования участников дорожного движения, передачи информации подразделениям, обслуживающим дорогу, контроля за выполнением работ дорожной техникой.

Примечание. При совершенствовании данной системы в ее рамках могут решаться и другие задачи.

Содержание автомобильной дороги – комплекс работ по поддержанию нормативного технического состояния автомобильной дороги, а также по организации и обеспечению безопасности дорожного движения.

Строительство дорожное – комплекс всех видов работ, выполняемых при строительстве автомобильных дорог, мостовых и других инженерных сооружений и дорожных линейных зданий.

Твердое покрытие – дорожное покрытие в составе дорожных одежд капитального, облегченного и переходного типов.

Текущий ремонт автомобильной дороги – комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги, при выполнении которых не затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги.

Транспортная развязка – инженерное сооружение, устраиваемое на пересечениях и примыканиях дорог, включающее один или несколько путепроводов и систему соединительных ответвлений, обеспечивающих движение всех (полная транспортная развязка) или только основных (неполная транспортная развязка) пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях.

Транспортная сеть – совокупность всех транспортных путей на определенной территории.

Трассирование – прокладка трассы в соответствии с природно-климатическими факторами, топографо-геодезическими, геолого-гидрологическими, экологическими условиями района проектирования с учетом эксплуатационных, строительско-технологических, экономических и эстетических требований.

Уклон виража – односторонний поперечный уклон проезжей части на кривой, по величине больший, чем поперечный уклон на прямом участке.

Укрепленный грунт – искусственный материал, получаемый смешением на дороге или в смесительных установках грунтов с органическими или минеральными вяжущими с активными добавками или без них при оптимальной влажности.

Ширина земляного полотна (насыпи или выемки) – расстояние между бровками земляного полотна.

Элементы обустройства дорог – комплекс, включающий технические средства организации дорожного движения; устройства для обслуживания пешеходов и пассажиров; инженерное оборудование по контролю, информационному обеспечению и управлению дорожным движением и состоянием дорог; устройства для освещения дорог; инженерные сооружения для обеспечения непрерывности и безопасности движения; устройства для установки и крепления элементов обстановки на дороге.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности: Закон Респ. Беларусь от 02.12.1994 № 3434-ХП (в ред. от 12.01.2022) № 228-З // Нац. реестр прав. актов № 2/463. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/natsionalnyu-reestr/novye-postupleniya>. – Дата доступа: 12.01.2023.
2. Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 9 апр. 2021 г. № 212. // Бизнес-инфо [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bii.by/tx.dll?d=453913>. – Дата доступа: 12.01.2023.
3. Об установлении наименований и номеров республиканских автомобильных дорог: постановление Мин-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 30 нояб. 2004 г. № 43 // Нац. реестре правовых актов Респ. Беларусь 4 апр. 2005 г. № 8/12360. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/natsionalnyu-reestr/novye-postupleniya>. – Дата доступа: 12.01.2023.
4. Автомобильные дороги. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 3.03.04-2019. – Введ. 26 декабря 2019 г. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 78 с.
5. Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования. Технический кодекс установившейся практики. ТКП 45-3.03-96-2008. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства, 2008. – 17 с.
6. Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. Технический кодекс практики. ТКП 200-2018 (33200). – Минск: Мин-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2018. – 198 с.
7. Мосты и трубы. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 3.03.01-2019. – Введ. 31 окт. 2019 г. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 360 с.
8. Автомобильные дороги. Проектирование и строительство / под ред. В. Ф. Бабкова, В. К. Некрасова, Г. Щилиянова. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.
9. Бойчук, В. С. Проектирование сельскохозяйственных дорог и площадок / В. С. Бойчук. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1996. – 207 с.
10. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог: в 2 ч.: учебник для вузов / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Автотранспорт, 1987. – Ч. 1. – 368 с.
11. Бабков В. Ф. Проектирование автомобильных дорог: в 2 ч.: учебник для вузов / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Автотранспорт, 1987. – Ч. 2. – 415 с.
12. Дороги местного значения / Г. А. Кузнецов, В. Ф. Дудко [и др.]; под ред. Г. А. Кузнецова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.
13. Колмыков, А. В. Инженерное оборудование территории. Дороги местного значения в системе инженерного оборудования территории: метод. указания по выполнению лабораторных работ и курсовому проектированию / А. В. Колмыков, С. В. Радченко. – Горки: БГСХА, 2021. – 79 с.
14. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
15. Пуркин, В. И. Проектирование сооружений дорожного водоотвода: учеб. пособие / В. И. Пуркин. – М.: МАДИ, 2023. – 92 с.
16. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: в 2 кн. / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов. – Москва: Высш. шк., 2010. – Кн. 2. – 519 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ И ЕГО СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ	5
1.1. Общее понятие инженерного оборудования территории и его составные части	5
1.2. Значение автотранспорта и автомобильных дорог в сельском хозяйстве	7
1.3. Состояние автомобильных дорог и перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь	10
1.4. Классификация автомобильных дорог в Республике Беларусь	22
2. ДОРОЖНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ МЕСТНЫХ ДОРОГ	29
2.1. Виды дорожных изысканий, их содержание, экономические изыскания местных дорог	29
2.2. Технические изыскания и составление рабочего проекта дороги	31
2.3. Грузооборотные пункты и их транспортные связи	34
2.4. Выбор направления и размещение сети дорог	37
2.5. Особенности проектирования сети местных дорог	40
2.6. Установление технических показателей автомобильных дорог	45
2.7. Понятие о плотности дорожной сети	50
2.8. Обоснование проекта и определение экономической эффективности дорожного строительства	55
2.9. Разработка природоохранных мероприятий при составлении и осуществлении проекта	60
3. ДОРОГА В ПЛАНЕ	64
3.1. План трассы	64
3.2. Трассирование дороги в плане	69
3.3. Особенности движения автомобиля на закруглениях малого радиуса. Устройство виража	74
3.4. Пересечение и примыкание автомобильных дорог	78
4. ДОРОГА В ПОПЕРЕЧНОМ ПРОФИЛЕ	85
4.1. Элементы поперечного профиля дороги	85
4.2. Полоса отвода	95
4.3. Дорога в нулевых отметках, насыпи, выемки и типовые поперечные профили дороги	97
5. ДОРОГА В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ	103
5.1. Понятие продольного профиля и требования к проектированию в нем трассы дороги	104
5.2. Нанесение проектной линии на профиль	109
5.3. Последовательность построения продольного профиля	111
5.4. Переломы проектной линии продольного профиля и вставка вертикальных кривых	118
5.5. Подсчет объемов земляных работ	123
6. ВОДООТВОД НА ДОРОГАХ И ПЕРЕХОДЫ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ	128
6.1. Источники увлажнения земляного полотна и система дорожного водоотвода	128
6.2. Боковые и нагорные отводные каналы, испарительные бассейны, резервы и дренажи	132

6.3. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне и процесс пучинообразования	144
6.4. Основные типы и конструкции водопропускных и инженерных сооружений	148
6.5. Расчетные нагрузки и габариты автодорожных мостов	158
6.6. Расчет параметров мостов и труб	164
6.7. Проектирование мостов и труб	175
7. ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ	180
7.1. Конструктивные элементы и типы дорожных одежд	180
7.2. Краткие сведения о дорожно-строительных материалах	186
7.3. Дорожные покрытия усовершенствованные, переходные и низшего типа	191
8. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА.	
СОДЕРЖАНИЕ И РЕМОНТ ДОРОГ	198
8.1. Организация строительства местных дорог	198
8.2. Машины и механизмы, используемые для строительства и ремонта дорог	201
8.3. Организация ремонта и содержания дорог	203
8.4. Проект организации строительства дороги и состав проектно-сметной документации	206
ТЕСТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ	211
КРАТКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ	229
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	241

Учебное издание

Колмыков Андрей Васильевич
Авдеев Алексей Николаевич

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ТЕРРИТОРИИ

ДОРОГИ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. П. Савиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 10.06.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 14,18. Уч.-изд. л. 11,67.
Тираж 40 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.