

Министерство образования и науки Республики Татарстан
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Казанский автотранспортный техникум им. А.П. Обыденнова»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ»
ПМ 01 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ
по специальности СПО
08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов

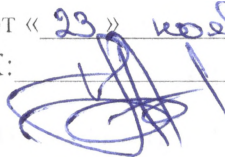
Организация-разработчик: ГАПОУ «Казанский автотранспортный техникум им. А.П. Обыденнова»

Составитель:

Матина А.И. – преподаватель, ГАПОУ «КАТТ им. А.П. Обыденнова»

Рассмотрено и рекомендовано к внедрению в учебный процесс на заседании предметной (цикловой) комиссии транспорта и строительства дорог

Протокол № 4 от « 23 » нояб 2024г.

Председатель ПЦК:  Алеева А.Р.

Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов «Проектирование участка автомобильной дороги» по ПМ 01 Проектирование конструктивных элементов автомобильных дорог и аэродромов содержат учебный материал, с выделением целей и подробного алгоритма работы. Данные методические указания рекомендуются для использования в процессе освоения студентами основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов в соответствии с требованиями ФГОС СПО.

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению курсового и дипломного проекта по основам проектирования автомобильных дорог общего пользования в необходимом объеме для выполнения работы. Подробно описана последовательность назначения категории дороги, расчета основных параметров. Детально рассмотрены вопросы проектирования плана трассы и продольного профиля дороги, расчета конструкции дорожной одежды. Приведены материалы необходимые для проектирования поперечных профилей земляного полотна.

Представлен порядок выполнения проектирования продольного профиля и подготовки графической документации.

В приложениях приведены необходимые справочные материалы. Рекомендации разработаны на основе действующих нормативов. Указаны литературные источники, которые рекомендуется использовать при выполнении курсового и дипломного проекта.

Методические указания разработаны для студентов при выполнении курсовых и дипломных проектов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение _____	4
1. Форма и объем курсового проекта (дипломного) _____	5
2. Указания к выполнению отдельных разделов проекта _____	7
Заключение _____	73
Список используемых источников _____	74
Приложения _____	75

Введение

Автомобильная дорога – комплекс инженерных сооружений, предназначенный для экономичной перевозки автомобилями пассажиров и грузов и обеспечивающий круглогодичное, круглосуточное, непрерывное, безопасное и удобное движение легковых автомобилей с расчетными скоростями и грузовых автомобилей с заданными нагрузками. Автомобильная дорога представляет комплекс сооружений, который включает саму дорогу, мостовые переходы, путепроводы на пересечениях с другими автомобильными и железными дорогами, эстакады, автовокзалы, станции по обслуживанию транспортных средств и пассажиров, систему управления дорожным движением.

Студенты должны владеть приёмами выбора трассы дороги и сбора данных, необходимых для обоснования проектных решений; уметь назначать конструктивные элементы дорог, обеспечивать рациональное сопряжение автомобильных дорог с искусственными сооружениями, обеспечивать удобство, безопасность и экономичность грузовых и пассажирских перевозок; предусматривать широкое использование местных строительных материалов и побочных продуктов промышленности; обладать знаниями методов технико-экономической оценки и сравнения вариантов проектных решений, позволяющих выбирать наиболее оптимальные решения для заданных конкретных условий.

Курсовой проект по специальности 08.02.05 «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог» выполняется с целью установления соответствия уровня и качества подготовки студентов требованиям образовательной программы Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Данные методические указания также рекомендованы для выполнения дипломного проектирования.

1 Форма и объем курсового проекта

Курсовой проект формируется из пояснительной записки и чертежей. Пояснительная записка включает в себя следующие обязательные разделы:

Введение

1 Административно – территориальное расположение региона

1.1 Рельеф и растительность

1.2 Климат

1.3 Почвы

2 Проектирование элементов автомобильной дороги

2.1 Обоснование технической категории

2.2 Проектирование плана трассы

2.3 Расчет и проектирование дорожной одежды

2.4 Проектирование искусственных сооружений

2.5 Проектирование продольного профиля

2.6 Проектирование поперечного профиля

2.7 Расчет объемов работ

3 Охрана окружающей среды

4 Деталь проекта (для дипломного проектирования)

5 Расчет стоимости строительства (для дипломного проектирования)

Заключение

Список использованных источников

Чертежи:

а) Варианты плана трассы – 1 лист (длина 4-7 км).

б) Продольный профиль дороги по основному варианту (4-7 км) – 1 лист.

в) Поперечные профили земляного полотна (рабочие поперечники) – 1 лист.

г) Конструкция дорожной одежды

д) деталь проекта (для дипломного проектирования)

Выполнять курсовой проект рекомендуется в соответствии с последовательностью разделов пояснительной записки. Объем пояснительной записки 30-40 (50-60 для диплома) листов текста. Пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ Р 2.105-2019 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

Форматы чертежей плана трассы – А3, продольного профиля и поперечных профилей, и конструкции дорожной одежды – А1. План трассы выполняется на чертежной бумаге, продольный профиль и поперечные профили – на

миллиметровке. В дипломном проекте все чертежи выполняются в формате A1 на ватманах при помощи программы Autocad.

Ситуация на чертежах плана трассы показывается в соответствии с действующими условными обозначениями. Продольный профиль выполняется по образцу. Проектную линию продольного профиля рекомендуется выделять красным цветом. В содержании пояснительной записки вычерчивается угловой штамп (основная надпись).

2 Указания к выполнению отдельных разделов проекта

Указания состоят из двух частей: в первой дается общая характеристика значимости автомобильных дорог в экономической и социальной жизни страны. Указать наличие федеральных и территориальных дорог в районе проектирования.

Во второй части указать титул дороги (начальный и конечный пункт), общую длину, генеральное направление (румб) линии. Следует отразить специфику проектирования и строительства дорог в заданном географическом районе.

1 Характеристика природных условий района строительства дороги

В соответствии с заданием на курсовое/дипломное проектирование необходимо привести характеристику природных условий района строительства. В зависимости от района устанавливаются исходные данные для проектирования земляного полотна и дорожной одежды. К характеристикам района относятся: географическое положение, рельеф и растительность, климат, почва.

Характеристики района строительства можно получить из литературных источников (энциклопедий, энциклопедические словарей, справочников, отдельных брошюр и т.д.).

Из «Строительная климатология и геофизика» необходимо выбрать данные по среднемесячной температуре воздуха, по направлениям скорости и повторяемости ветра. Эти данные оформляются в виде таблицы, розы ветров (Приложение А).

Следует привести данные по распределению видов и количества осадков по месяцам, глубине промерзания, наибольшей высоте снежного покрова. По [10] определить дорожно-климатическую зону и подзону района строительства.

2 Проектирование элементов автомобильной дороги

2.1 Обоснование технической категории

Категория проектируемой дороги устанавливается по [10]. Её назначают по расчётной интенсивности движения, измеряемой в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (приведённые ед./сут). Расчётной интенсивностью

является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам.

При определении категории дороги сначала определяют перспективную интенсивность движения в транспортных единицах:

$$N = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{P}{100} \right)^t, \quad (1)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность, авт./сут.;

P – ежегодный прирост, %;

t – перспективный период.

Далее, приводят данный поток транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, с помощью специальных коэффициентов из ГОСТ 32965. Коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автопоездов следует увеличивать в 1,2 раза при пересечённой и горной местности.

В зависимости от уклона поверхности к трудным участкам пересеченной местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами, с разницей отметок долин и водоразделов более 50 м на расстоянии не свыше 0,5 км, с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами. К трудным участкам горной местности относятся участки перевалов через горные хребты и участки горных ущелий со сложными, сильноизрезанными или неустойчивыми склонами.

Расчёт перспективной интенсивности движения производят в табличной форме (таблица 1); красным выделены значения для примера. В колонки 1 и 2 из задания на проектирование заносят названия транспортного средства и соответствующий ему процент в общем потоке p_m . В строке «Итого» для колонки 2 должно получиться число 100.

Таблица 1 - Определение расчётной интенсивности движения в табличной форме

Вид транспортного средства	p_m , %	N_m ,	K_m	$N_m \cdot K_m$, прив.л.ед./сут
----------------------------	-----------	---------	-------	-------------------------------------

		авт./сут		
1	2	3	4	5
Легковые	85	5960	1	5960
Грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	3	210	1,3	273
от 2 до 6 т	4	280	1,4	392
от 6 до 8 т	3	210	1,6	336
от 8 до 14 т	2	140	1,8	252
Автопоезда до 12 т	2	140	1,8	252
Автопоезда от 12 до 20 т	0	0	2,2	0
Автобусы большие	1	70	3,0	210
Итого	100	7010	-	7675

Затем определяют интенсивность движения автомобилей каждого типа в потоке по формуле:

$$N_m = N \frac{p_m}{100}, \quad (2)$$

где p_m – процент автомобилей каждого типа.

Значения заносят в колонку 3, при этом их округляют до целых чисел так, чтобы в сумме (в строке «Итого» для колонки 3) получилось число, найденное по формуле (1). В рассматриваемом примере – 7010 авт./сут.

В колонку 4 заносят коэффициенты приведения из ГОСТ 32965. С помощью них транспортный поток моделируют потоком, состоящим только из легковых автомобилей.

Затем вычисляют интенсивность движения каждого вида транспортного средства в приведённых автомобилях: $N_m \cdot K_m$ [прив. л. ед./сут] и заносят в колонку 5, предварительно округлив числа до целых значений.

Расчетную суммарную приведённую интенсивность рассчитываем по формуле:

$$N_{\text{прив}} = \sum_{i=1}^n (N_i \cdot K_i), \quad (3)$$

где N_m – интенсивность движения транспортного средства i -ой марки;

K_m – коэффициент приведения транспортного средства i -ой марки.

m– количество типов транспортных средств в потоке (в примере m = 8).

Её помещают в строку «Итого» для колонки 5.

Таким образом, расчётная интенсивность движения $N_{расч} = 7675$ прив.ед./сут.

Согласно таблице 4.3 [10] выбирают по интенсивности движения, категорию автомобильной дороги.

На следующем этапе необходимо заполнить таблицу «Основные технические показатели автомобильной дороги» (таблица 2). Данные берут из СП 34.13330-2012 «Автомобильные дороги» и ГОСТ Р 52399-2005 «Геометрические элементы автомобильных дорог» [10, 2].

Таблица 2 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование технических нормативов	Принято
1	2
Расчетная скорость	
Количество полос движения, шт.	
Ширина полосы движения, м.	
Ширина проезжей части, м.	
Ширина обочины, м.	
Ширина земляного полотна, м.	
Предельный продольный уклон, ‰	
Предельная длина участка с максимальным уклоном, м.	
Расстояние видимости, м: • Поверхности дороги • Встречного автомобиля	
Радиус кривых в плане, м.	
Радиусы вертикальных кривых, м: • Выпуклой • Вогнутой	

2.2 Проектирование плана трассы

Трасса дороги – это пространственная линия оси автомобильной дороги, проложенная на местности. Её проекция на горизонтальную плоскость называется планом трассы.

Современная автомобильная дорога должна обеспечивать удобное, безопасное и экономичное движение автомобильного транспорта и в то же время обладать высокими эстетическими качествами. Обеспечение указанных требований достигается применением при проектировании принципов ландшафтного проектирования и соблюдением рекомендуемых [10] для данной категории дороги.

Перед тем как приступить к трассированию, необходимо тщательно изучить план (масштаб, топографические знаки, характер рельефа местности, линейные, высотные и контурные препятствия и т.д.). Выбор направления трассы между заданными пунктами определяется категорией дороги.

По возможности, выполняя различные рекомендации по трассированию, следует стремиться к сокращению длины дороги, т.е. к приближению её к воздушной линии – отрезку, соединяющему заданные пункты.

Направление трассы по «воздушной линии» – кратчайший путь между двумя пунктами, которые необходимо связать автомобильной дорогой.

С помощью карандаша и линейки на карте проводят прямую линию, соединяющую точки начала и конца трассы дороги. Пикет – точка разметки расстояния на автомобильных дорогах с шагом в 100 м. Плюсовой точкой называют характерную точку на местности, расположенную между двумя соседними пикетами, расстояние до которой отмеряют от предыдущего пикета.

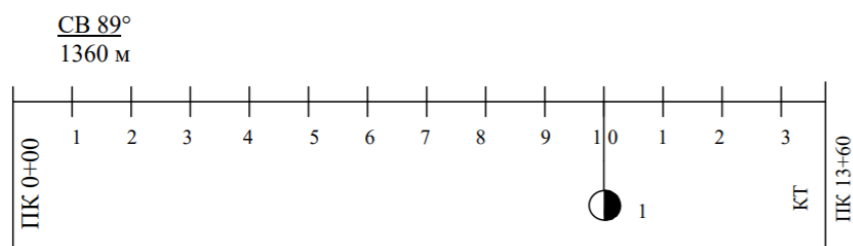


Рисунок 1 – Пример оформления плана трассы по воздушной линии

Подписывают пикетажное положение начала трассы (НТ ПК 0+00) и конца трассы, например, КТ ПК 13+60. После знака «+» указывают расстояние в метрах от предыдущего пикета. Также подписывают румб направления трассы.

В пояснительной записке приводят описание трассы по «воздушной линии». В нём указывают длину трассы, общее направление трассы (румб), плюсовые точки пересечения воздушной линии с существующими автомобильными и железными дорогами, водными объектами (реками, ручьями и оврагами), границы прохождения трассы по населённым пунктам, лесу, кустарникам и т.д. В конце описания делают заключение о возможности (или невозможности) трассирования по «воздушной линии», указывают основные причины, препятствующие проложению трассы по этому варианту.

Проектные решения автомобильной дороги должны обеспечивать:

- организованное, безопасное, удобное и комфортабельное движение автомобилей с расчетными скоростями;
- однородные условия движения; соблюдение принципа зрительного ориентирования водителей;
- удобное и безопасное расположение примыканий и пересечений;
- необходимое обустройство автомобильных дорог, в том числе защитными дорожными сооружениями;
- необходимые здания и сооружения дорожной и автотранспортной служб.

Проложение трассы автомобильных дорог, назначение мест размещения искусственных и придорожных сооружений, производственных баз, подъездных дорог и временных сооружений для нужд строительства следует выполнять с учетом сохранения ценных природных ландшафтов, лесных массивов, а также мест размножения, питания и путей миграции диких животных, птиц и обитателей водной среды.

На сельскохозяйственных угодьях трассу по возможности следует прокладывать по границам полей севооборотов или хозяйств. Не допускается

проложение трасс по государственным заповедникам и заказникам, охраняемым урочищам и зонам, отнесенным к памятникам природы и культуры.

Вдоль рек, озер и других водоемов трассы следует прокладывать за пределами специально установленных для них защитных зон.

При определении мест переходов через водотоки, выборе конструкций и отверстий искусственных сооружений, особенно на косогорных участках дорог, наряду с технико-экономической целесообразностью строительства необходимо решать вопросы защиты полей от размыва и заиления, заболачивания, нарушения растительного и дернового покрова, нарушения гидрологического режима водотока и природного уровня грунтовых вод, защиты от размыва и разрушения.

На плане указаны начальный и конечный пункты участка проектирования и направления трассы. В соответствии с этими направлениями должна проектироваться трасса. Указанные пункты А и Б являются продолжением уже запроектированных участков. Это могут быть подходы к большим искусственным сооружениям (мосты, эстакады, путепроводы и т.д.). Продолжая трассу по заданным направлениям, намечают точки, через которые должна пройти (или обойти) трасса. Этими точками трассы могут быть места пересечения больших и средних водотоков (исходя из условий наилучшего места перехода), водораздельные участки между вершинами оврагов, переходы болот в узких местах.

Согласно требованиям [10] пересечения и примыкания автомобильных дорог, следует располагать по возможности на свободных ровных площадях и на прямых участках, пересекающихся или примыкающих дорог. Острый угол между пересекающимися дорогами не должен быть менее 60° . В сложных условиях тип пересечения определяют на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

Назначения мест вершин углов поворота на карте производят таким образом, чтобы исключить удлинение трассы и обеспечить минимальные уклоны рельефа по трассе, по возможности прокладывать трассу с меньшим пересечением

горизонталей, стараться прокладывать трассу параллельно горизонталям. Следует обходить населенные пункты, леса, заболоченные участки, овраги. Пересекать крупные водотоки следует под углом, близким к прямому.

Каждое изменение направления трассы определяется углом поворота, который измеряют между продолжением прежнего направления трассы и новым направлением. Если новое направление трассы отклоняется от прежнего влево, то угол поворота называют левым, если вправо – правым. Вершины углов поворота ВУ последовательно нумеруют по ходу трассы от пункта А к пункту Б (приложение Б).

Углы поворота следует по возможности располагать на равном расстоянии друг от друга.

Расстояния между вершинами углов на карте S_1 измеряют масштабной линейкой с точностью до 1 мм. Результаты измерений S_1 с учетом масштаба карты заносят в «Ведомость углов поворотов, прямых и кривых».

Расстояния в ведомости вычисляют с точностью до 1 см (два знака после запятой). Углы поворотов α измеряют с помощью транспортира с точностью до 0,5 углового градуса. В эту же ведомость заносят измеренные значения азимутов линий начала и конца трассы. Азимуты измеряют транспортиром от северного конца меридиана по часовой стрелке до направления линий (по ходу трассы).

Проектирование плана трассы выполняют в следующем порядке:

1. Учитывая направление начального и конечного направлений трассы, назначают вершины углов. Общее количество углов поворота в данном курсовом проекте не рекомендуется назначать больше трех.

2. Измеряют величину углов поворота транспортиром. Полученные значения углов поворота заносят в ведомость углов поворота.

3. Измеряют расстояние по карте между началом трассы и первым углом поворота с точностью до 1 мм, и с учетом масштаба карты выражают в метрах. Заносят полученное расстояние S_1 в ведомость углов поворота. Затем измеряют расстояние между первым углом поворота и вторым и также заносят значения в

ведомость. Последнее значение расстояния между последним углом поворота и концом трассы также заносят в ведомость.

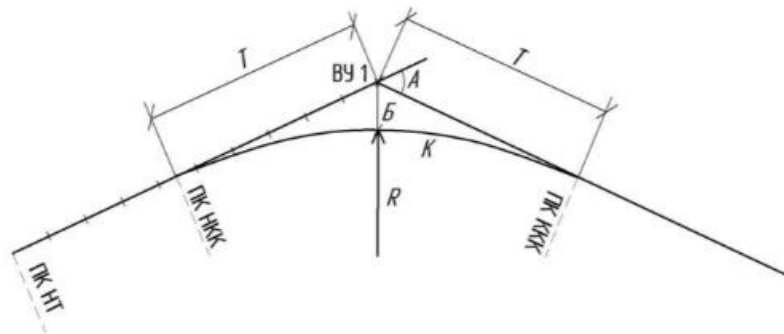


Рисунок 2 - Закругление с круговой кривой

На рисунке 2 обозначено:

- ННК – начало круговой кривой;
- ККК – конец круговой кривой;
- СК – середина кривой;
- НПК и КПК – начало и конец переходной кривой.

4. Измеряют азимуты прямых кривой S1, и значения заносят в последнюю графу ведомости (приложение В).

5. Принимают радиусы закруглений согласно технической категории или по ранее полученным данным в расчетах. Используя эти радиусы, вычисляют элементы каждого закругления с круговыми кривыми (рисунок 2):

T – тангенс – расстояние от вершины угла до начала (конца) кривой:

$$T = R * \tan \frac{\alpha}{2}, \quad (4)$$

K – кривую – длину круговой кривой (расстояние от начала кривой до ее конца):

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}, \quad (5)$$

Б – биссектрису – расстояние от вершины угла поворота до середины круговой кривой:

$$Б = R\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - 1\right), \quad (6)$$

Д – домер – величина, на которую сократится расстояние, измеренное по круговой кривой и по тангенсам:

$$Д = 2Т - К, \quad (7)$$

Результаты расчетов заносят в таблицу «Ведомость углов поворотов, прямых и кривых» (Приложение В).

6. Если длина тангенсов Т больше расстояния между началом трассы и вершиной угла ВУ1, между вершинами смежных углов поворота и концом трассы, то необходимо уменьшить радиусы закруглений и повторить расчеты. Уменьшение радиуса закругления следует производить последовательно по 100 м до тех пор, пока расстояние между вершинами углов будет больше суммы смежных тангенсов.

7. Вычисления заканчивают, когда прямые вставки S_2 между закруглениями станут 500 м и более.

8. Если по радиусам закруглений условие не обеспечивается, то изменяют положение вершин углов, чтобы расстояние между вершинами углов обеспечивало размещение полных тангенсов смежных закруглений.

9. По ходу трассы разбивают пикеты на прямых вставках и на закруглениях, отмечая засечками справа от оси длиной 1 мм без указания номера пикета.

10. Отмечают справа по ходу пикетажа километровые знаки. К оси трассы на десятых пикетах проводят перпендикуляр длиной 15 мм. В конце этой линии проводят кружок диаметром 5 мм, правую часть кружка закрашивают, подписывают номер километра.

11. На главных точках закругления указывают засечки длиной 10 мм к центру закругления и по направлению радиуса указывают название точки и ее пикетажное положение. Противоположную сторону засечки продолжают на 1 мм от оси трассы и проводят перпендикуляр длиной 5 мм (засечка имеет вид буквы Т).

12. В начале и в конце трассы проводят линии, перпендикулярные к оси трассы по 10 мм в каждую сторону, и справа по направлению линий подписывают НТ ПК 0+00,00; КТ ПК 38 + 95,23.

13. Если проектируют еще один вариант трассы, то для этого варианта выполняют пп. 1 – 13.

14. План трассы оформляется на чертеже

15. Заканчивают трассирование сравнением вариантов. Сравнение вариантов трассы выполняют по технико-эксплуатационным показателям. Лучшим считается вариант, имеющий больше преимуществ. Техничко-эксплуатационные показатели размещают в таблицу 3

Общая длина трассы характеризуется коэффициентом удлинения трассы:

$$K_{удл} = L_{тр} / L_{вл}, \quad (8)$$

где $L_{тр}$ – длина варианта трассы, м;

$L_{вл}$ – длина воздушной линии, м.

Таблица 3 - Сравнение вариантов трассы

Показатели	Ед. изм.	Вариант		Результат	
		1	2	1	2
1	2	3	4	5	6
Длина трассы	м				
Суммарная величина углов поворота	град.				
Средняя величина углов поворота	град.				
Минимальный радиус кривой в плане	м				
Суммарное протяжение кривых	м				
Протяжение сложных участков	м				

16. На карте принятый вариант вычерчивают красным цветом и показывают главные точки закруглений, километры, начало и конец трассы; второй вариант обозначают синим цветом.

2.3 Расчет и проектирование дорожной одежды

Одной из ответственных задач при проектировании автомобильных дорог является проектирование дорожной одежды. Наиболее распространены дорожные одежды нежесткого типа.

К нежестким дорожным одеждам относят одежды со слоями, устроенными из разного вида асфальтобетонов (дегтебетонов), из материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабосвязанных зернистых материалов (щебня, шлака, гравия и др.).

Различают следующие элементы дорожной одежды.

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов. Покрытие может состоять из нескольких слоев.

На поверхности покрытия могут быть устроены слои поверхностных обработок различного назначения (слои для повышения шероховатости, защитные слои и т.п.).

Основание – часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и 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.

Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слои основания.

Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой.

Дополнительные слои основания – слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые при наличии неблагоприятных

погодно-климатических и грунтово-гидрологических условий. Эти слои совместно с покрытием и основанием должны обеспечивать необходимые морозоустойчивость и дренирование конструкции и создавать условия для снижения толщины вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В соответствии с основной функцией, которую выполняет дополнительный слой, его называют морозозащитным, дренирующим, капилляропрерывающим.

Тип дорожной одежды и вид покрытия определяются капитальностью одежд. В зависимости от этого назначают вид покрытия и применяемые для устройства покрытий материалы. Вид покрытия назначают в зависимости от перспективной интенсивности движения и технической категории автомобильной дороги и требуемых транспортно-эксплуатационных показателей. Главными транспортно-эксплуатационными показателями являются: ровность покрытия, коэффициент сцепления колеса и прочность дорожной одежды. Скорость движения автомобилей зависит от вида покрытия и его состояния. Вид покрытия определяет скорость движения и себестоимость перевозок. Задача выбора покрытия – не только техническая, но и экономическая: чем капитальнее тип покрытия и дорожной одежды, тем выше стоимость строительства и больше срок службы дорожной одежды.

Капитальную и облегченную дорожную одежду с усовершенствованным покрытием проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло разрушений и остаточных деформаций и воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в ее элементах.

Облегченную дорожную одежду с усовершенствованным покрытием рассчитывают на менее продолжительный межремонтный срок службы, чем для капитальных одежд. Это позволяет применять менее долговечные и дорогостоящие материалы и облегчить конструкцию.

Запроектированная дорожная одежда должна быть:

- прочной и надежной в эксплуатации;
- экономичной;

- менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов и энергии;
- должна соответствовать экологическим требованиям;
- обеспечивать максимальную механизацию и индустриализацию строительных процессов;
- низкую трудоемкость и затрат ручного труда.

При конструировании дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

а) тип дорожной одежды и вид покрытия, конструкция одежды в целом должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения с учетом изменения интенсивности движения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания;

б) конструкция одежды должна быть разработана индивидуально для каждого участка дороги;

в) в районах, недостаточно обеспеченных стандартными каменными материалами, допускается применять местные каменные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемента, битума, извести, активных зол уноса и др.);

г) конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов. Для достижения этой цели число слоев и видов материалов в конструкции должно быть минимальным;

д) при конструировании необходимо учитывать реальные условия проведения строительных работ (летняя или зимняя технология и др.).

Процедура конструирования дорожной одежды включает:

- 1) выбор вида покрытия;

- 2) назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев;
- 3) размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочной толщины каждого слоя;
- 4) предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- 5) оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;
- 6) предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.

В задачу расчета входит определение толщин слоев одежды в вариантах, намеченных при конструировании, или выбор материалов с соответствующими деформационными и прочностными характеристиками при заданных толщинах слоев.

Отказ дорожной одежды, связанный с недостаточной ее прочностью, может возникнуть в результате:

- накопления до истечения заданного срока службы конструкции недопустимых остаточных деформаций с потерей ровности поверхности покрытия и соответствующим снижением скорости движения (под воздействием касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от транспортной нагрузки);
- усталостных разрушений монолитных слоев конструкции под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки с последующей интенсивной потерей дорожной одеждой транспортно-эксплуатационных свойств до истечения заданного срока службы.

В соответствии с этим расчет на прочность в слоях выполняют по допускаемым напряжениям на сдвиг в слоях с пониженной сопротивляемостью сдвигу и на растяжение при изгибе в монолитных слоях. Расчет прочности

конструкции в целом без рассмотрения механизма нарушения прочности ведут по допустимому упругому прогибу (или требуемому общему модулю упругости). Дорожную одежду на перегонах дорог рассчитывают на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок.

Расчет дорожной одежды сводится к выбору материалов для конструктивных слоев, предварительному назначению их толщины, исходя из требований технологии и условий производства работ (дорожно-климатической зоны) и проверки прочности.

Конструкция считается прочной и долговечной, если она соответствует критериям прочности.

Опираются на [3].

Требуется запроектировать дорожную одежду при следующих исходных данных:

- дорожно-климатическая зона, подзона;
- тип местности по увлажнению;
- грунт земляного полотна.

Вычисляем суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы по формуле:

$$\sum N_p = 0,7N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл.}}-1)}} T_{\text{рдг.}} K_n , \quad (9)$$

где N_p - приведенная интенсивность на последний год срока службы, авт./сут.;

$T_{\text{рдг.}}$ - расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

k_n - коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого;

K_c - коэффициент суммирования определяют по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{cl.}-1}}{q-1}, \quad (10)$$

где $T_{cl.}$ - расчетный срок службы;

q - показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле:

$$E_{min} = \sqrt{\frac{p}{0,6}} \cdot 98,65 \cdot (\log_{10} \sum N_p - c), \quad (11)$$

где p - расчетное давление на покрытие;

c - эмпирический параметр, равен 3,20;

N_p – суммарное расчетное количество приложений приведенной расчетной нагрузки на полосу движения.

$$E_{общ} \geq E_{min} K_{пр}^{тр}, \quad (12)$$

где $E_{общ}$ – общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды;

E_{min} – минимальный требуемый модуль упругости;

$K_{пр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности, определяемый по таблице 5 [3].

Составляется таблица модулей упругости дорожно-строительных материалов для расчетов конструкции на величину допустимого прогиба, сдвиг в грунте и растяжение монолитных слоев при изгибе.

Таблица 4 - Модули упругости дорожно-строительных материалов для расчетов конструкции на величину допустимого прогиба, сдвиг в грунте и растяжение монолитных слоев при изгибе.

Материал слоя	h слоя, см	Расчет по допустимому упруг. прогибу, E, МПа	Расчет по усл. сдвигоустойчивости, E, МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R _o , МПа	α	m
1	2	3	4	5	6	7	8

Величина общего модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна при расчетной относительной влажности грунта земляного полотна при устройстве новой дорожной одежды (в случае выполнения строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта) в зависимости от ДКЗ должна быть не ниже следующих значений:

- 60 МПа — в ДКЗ II;
- 53 МПа — в ДКЗ III;
- 45 МПа — в ДКЗ IV, V

а) Расчет по допускаемому упругому прогибу.

Исходными данными при расчете дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу являются:

- нормативный межремонтный срок проведения работ по капитальному ремонту (в соответствии с ГОСТ Р 58861);
- суммарное количество приложений приведенной расчетной нагрузки;
- коэффициент надежности и коэффициент прочности (таблица 5 [3]);
- материалы и предварительные толщины слоев дорожной одежды;
- модуль упругости грунта рабочего слоя земляного полотна (приложение В [3]);
- модули упругости конструктивных слоев основания (таблицы Г.1— Г.3 приложения Г в [3]);

- модули упругости слоев асфальтобетона, принимаемые во всех ДКЗ, при температуре 10 °С (таблица Г.4 приложения Г [3]);
- минимальный требуемый модуль упругости, определяемый по формуле (11).

Общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды определяют по номограммам (рисунки Е.1, Е.2 приложения Е в [3]). Расчет конструкции ведут сверху вниз или снизу-вверх.

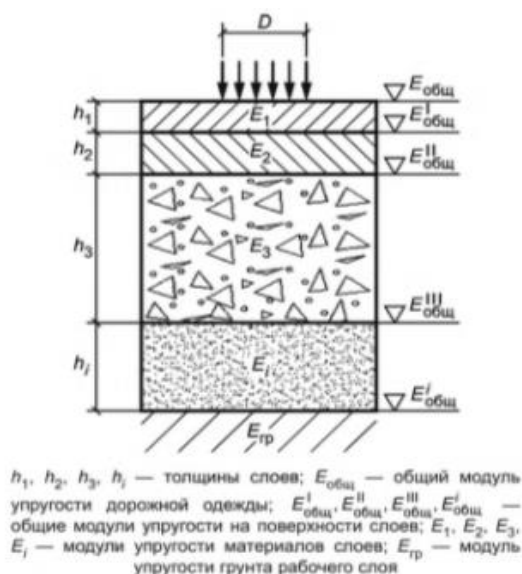


Рисунок 3 - Расчетные схемы дорожной одежды

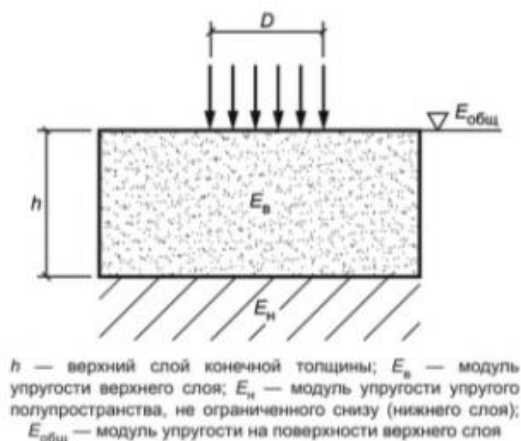


Рисунок 4 – Расчетная схема двухслойной системы для расчета общего модуля упругости

При расчете конструкции снизу-вверх выполняют следующие действия:

- назначают материалы и толщины всех конструктивных слоев дорожной одежды,

- последовательно рассматривая два слоя: верхний слой конечной толщины и нижний — полупространство по номограммам (см. рисунки Е.1 и Е.2 приложения Е в [3]), определяют общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды. В этом случае номограммы (рисунки Е.1, Е.2 приложения Е в [3]) используют следующим образом: для нижнего слоя дорожной одежды по отношениям $E_{гр}/E_n$ (значение на оси ординат) и h/D (значение на оси абсцисс) определяют отношение $E_{гр}/E_n$ (значение на кривой) и вычисляют $E_{общ}$.

- затем повторяют расчет для следующего слоя дорожной одежды.

В конце расчета проверяют выполнение условия прочности по формуле (12).

Если условие прочности не выполняется, изменяют толщину одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды или используют материалы с более высокими модулями упругости для одного или нескольких конструктивных слоев дорожной одежды.

б) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна и конструктивных слоев из малосвязных материалов.

Дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{пр.}}{K_{пр}^{тр}}, \quad (13)$$

где $K_{пр}^{тр}$ - требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности;

T - расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

$T_{пр}$ - предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

Предельное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя, стабилизированном грунте рабочего слоя и в малосвязных материалах вычисляют по формуле:

$$T_{пр} = K_d (C_N + 0,001 \cdot \gamma_{ср} \cdot Z \cdot \tan \varphi_N), \quad (14)$$

где C_N - сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), принимаемое с учетом повторности нагрузки;

K_d - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции;

$\gamma_{ср}$ - средневзвешенная объемная плотность конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кН/м³;

$$\gamma_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (15)$$

γ_i — объемная плотность i -го слоя, определяемая по таблице Г.7 приложения Г, кН/м³;

h_i — толщина i -го слоя, см;

n — количество слоев, расположенных выше проверяемого слоя;

z — глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, м;

φ_N - расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

При расчете на сдвиг грунта рабочего слоя и стабилизированного грунта рабочего слоя, если нижний слой основания из каменных материалов укладывают

непосредственно на грунт рабочего слоя или стабилизированный грунт рабочего слоя без дополнительного слоя основания из песка, коэффициент k принимают равным:

- нижний слой основания из укрепленных материалов, глинистый грунт (связный) — 1,0;
- нижний слой основания из укрепленных материалов, песчаный грунт (несвязный): 4,5 — для крупного песка, 4,0 — для среднего песка, 3,0 — для мелкого песка и легкой крупной супеси;
- нижний слой основания из неукрепленных материалов, глинистый грунт (связный) — 1,0;
- нижний слой основания из неукрепленных материалов, песчаный грунт (несвязный), в том числе легкая крупная супесь, — 2,0.

При расчете на сдвиг грунта рабочего слоя, если конструкция дорожной одежды содержит дополнительный слой основания из песка, коэффициент $k_{сд}$ принимают равным:

- глинистый грунт (связный) — 1,0;
- песчаный грунт (несвязный), в том числе легкая крупная супесь, — 2,0.

При расчете на сдвиг стабилизированного грунта коэффициент k принимают по аналогии с нестабилизированным.

При расчете на сдвиг дополнительного слоя из песка или ПГС коэффициент k_d принимают равным:

- нижний слой основания из укрепленных материалов: 4,5 — для крупного песка и ПГС, 4,0 — для среднего песка, 3,0 — для мелкого песка;
- нижний слой основания из неукрепленных материалов — 2,0.

Действующие в грунте активные напряжения сдвига (T) вычисляют по формуле:

$$T = \tau_n \cdot p, \quad (16)$$

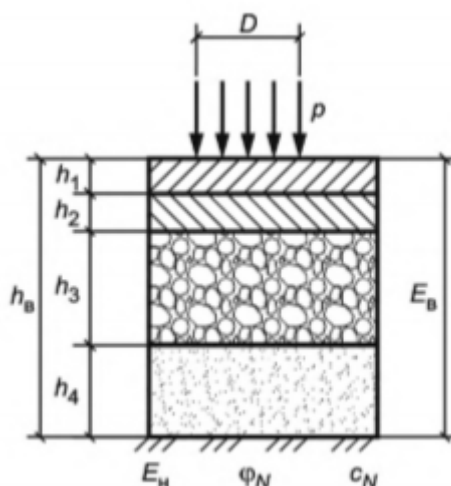
где τ_n - удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм;

p - расчетное давление от колеса на покрытие;

В расчетный период года наихудшие условия работы грунта и конструктивных слоев из малосвязных материалов на сдвиг имеют место при наибольших положительных температурах слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее. Поэтому при расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модуля упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, должны соответствовать температурам: в ДКЗ II — 20 °С, в ДКЗ III — 30 °С, в ДКЗ IV — 40 °С, в ДКЗ V — 50 °С (таблица Г.4 приложения Г в [3]).

При практических расчетах по условию сдвигоустойчивости многослойную дорожную одежду приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по условию сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна в качестве нижнего полубесконечного слоя модели принимают грунт с его характеристиками, а в качестве верхнего слоя — всю дорожную одежду в соответствии с рисунком 5.



h_b — верхний слой конечной толщины; E_b — модуль упругости верхнего слоя;
 E_n — модуль упругости упругого полупространства, не ограниченного снизу (нижнего слоя); φ_n — угол внутреннего трения; c_n — удельное сцепление

Рисунок 5 – Расчетная схема двухслойной системы для расчета активного напряжения сдвига в нижнем слое

Толщину верхнего слоя двухслойной модели h_v принимают равной сумме толщин слоев одежды.

Для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки, предварительно вычисляется средний модуль упругости дорожной одежды по формуле:

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i}, \quad (17)$$

где E_i - модуль упругости слоя i , МПа;

h_i - толщина слоя i , см.

При расчете по условию сдвигоустойчивости дополнительного слоя основания из малосвязных материалов нижний слой двухслойной модели имеет параметры: удельное сцепление C_N и угол внутреннего трения φ_N принятые для рассчитываемого слоя дорожной одежды из малосвязного материала. Толщину верхнего слоя h_v и модуль упругости верхнего слоя E_v двухслойной модели вычисляют по формуле (17) без учета слоя дорожной одежды, рассчитываемого на сдвиг.

Общий модуль упругости нижнего слоя $E_{\text{общ}}$ двухслойной модели на уровне верха рассчитываемого слоя основания из малосвязного материала на сдвиг определяют по номограммам, представленным на рисунках Е.1, Е.2 приложения Е [3].

Расчет дорожной одежды на кратковременные нагрузки по сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя земляного полотна, а также в слоях дорожной одежды из малосвязных материалов проводят в следующей последовательности:

- назначают расчетные прочностные характеристики: угол внутреннего трения φ_N и удельное сцепление C_N грунта земляного полотна в соответствии с таблицей В.5 [3] и малосвязных материалов в соответствии с таблицей В.7 приложения В [3];

- модули упругости грунта и материалов конструктивных слоев основания, за исключением асфальтобетона, принимают те же, что в расчете по допускаемому упругому прогибу;

- по таблице Г.4 приложения Г [3] назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие расчетным температурам в весенний период (согласно 9.4.5 [3]);

- определяют средневзвешенный модуль упругости слоев дорожной одежды (верхнего слоя двухслойной модели) E_v по формуле (17);

- по рисункам Е.3— Е.50 приложения Е [3] по отношениям h/D , E_v/E_n и при известном угле внутреннего трения нижнего слоя φ_N находят активные напряжения сдвига τ_n от единичной временной нагрузки;

- по формуле (16) вычисляют активное напряжение сдвига T в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;

- по формуле (14) рассчитывают предельное напряжение сдвига $T_{пр}$;

- по формуле (13) проверяют выполнение условия прочности.

Если условие прочности не обеспечено, возможны следующие решения:

- увеличивают толщину одного или нескольких вышележащих слоев;

- заменяют материал одного или нескольких вышележащих слоев более жестким материалом, имеющим более высокий модуль упругости;

- заменяют или укрепляют верхнюю часть грунта рабочего слоя с целью повышения его сдвигоустойчивости;

- применяют геосинтетические материалы, эффективность применения которых должна быть подтверждена соответствующими расчетами.

г) Расчет дорожной одежды на сопротивление слоев из асфальтобетона усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

В монолитных слоях дорожной одежды под действием повторных кратковременных нагрузок возникающий прогиб конструкции не должен вызывать нарушения структуры материала и проводить к образованию трещин, т.е. должно быть обеспечено условие:

$$\sigma_r \leq \frac{R_N}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}} , \quad (18)$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ - требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности;

R_N - прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

σ_r - наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Для монолитных слоев из асфальтобетона находится средний модуль упругости. Значения модулей упругости отдельных слоев выбираются из таблицы нормативных документов:

$$E_{\text{ср.}} = \frac{\sum E_i h_i}{\sum h_i} , \quad (19)$$

где E_i - модуль упругости слоя i , МПа.

h_i - толщина слоя i , см.

Определяются отношения.

По номограмме ([3], рисунок Е51, Е52 приложение Е) определяется растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое.

Предельно допустимое растягивающее напряжение слоя определяется по формуле:

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_R * t) , \quad (20)$$

где R_0 - нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки, принимаемое по табличным данным;

V_R - коэффициент вариации прочности на растяжение при изгибе, равный 0,1;

t - коэффициент нормативного отклонения (см. [3] таблицу В.3 приложения В);

k_2 - коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов (см. [3] таблицу 8);

k_1 - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, определяемый по формуле:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (21)$$

где $\sum N_p$ - расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия;

m - показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (см. [3] таблицу Г.5 приложения Г);

α - коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности (см. [3] таблицу Г.5 приложения Г).

Наибольшее растягивающее напряжение в пакете слоев из асфальтобетона σ_r возникает в нижней зоне нижнего слоя. Дополнительно согласно [3] 13.5 расчет выполняют для вновь устраиваемых слоев асфальтобетона. При устройстве новых слоев на существующие слои асфальтобетона значения коэффициента k_2 принимают, как для слоев ВСП и НСП [3] (таблица 8), характеристики асфальтобетона слоев усиления принимают, как для слоев покрытий ([3] таблицы Г.4 и Г.5 приложения Г). Для выполнения расчета реальную конструкцию приводят

к двухслойной модели с модулем упругости упругого полупространства, ниже пакета слоев из асфальтобетона, не ограниченного снизу (нижнего слоя) $E_{\text{общ}}$ ([3] рисунок 6)

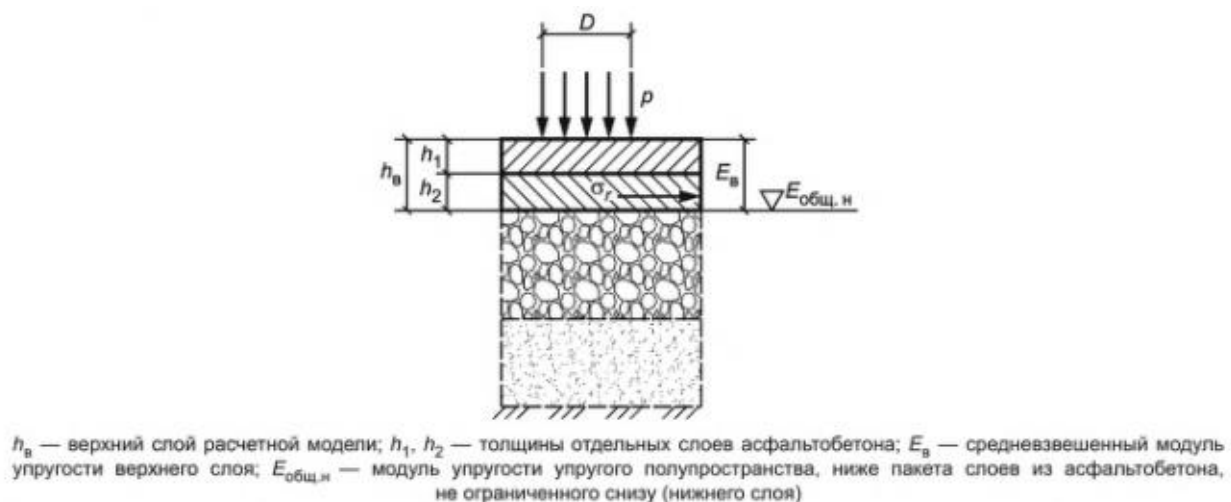


Рисунок 6 - Расчетная схема двухслойной системы для расчета для определения растягивающих напряжений в слоях асфальтобетона

К верхнему слою модели относят все слои асфальтобетона. Толщину верхнего слоя модели h_b принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев, а значение модуля упругости E_b устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (16) в [3].

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета слоев из асфальтобетона, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Модули упругости асфальтобетона принимают по таблице Г.5 приложения Г в [3].

Общий модуль упругости нижнего слоя модели $E_{\text{общ}}$ определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с использованием номограмм, представленных на рисунках Е.1, Е.2 приложения Е в [3].

Растягивающее напряжение при изгибе в асфальтобетоне от единичной нагрузки $\overline{\sigma_R}$ при давлении на покрытие $p = 1$ МПа определяют с использованием номограмм, представленных на рисунках Е.51, Е.52 приложения Е в [3].

Для расчета следует принимать спаянный контакт ([3] см. рисунок Е.51) между слоями из асфальтобетона, а также между слоем из асфальтобетона и монолитным слоем основания, содержащим органическое вяжущее (включая материалы по ГОСТ Р 70197.1). Гладкий контакт ([3] см. рисунок Е.52) следует принимать между нижним слоем из асфальтобетона и слоем основания дорожной одежды под ним из неукрепленных материалов, а также между слоем из асфальтобетона и монолитным слоем основания, не содержащим органическое вяжущее.

Полное растягивающее напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_R = \overline{\sigma}_R p k_B, \quad (22)$$

где $\overline{\sigma}_R$ - растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме ([3], рисунок 3.3);

k_B - коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;

p - расчетное давление колеса на покрытие.

Расчет слоев асфальтобетона по усталостному разрушению от растяжения при изгибе выполняют в следующей последовательности:

- определяют общий модуль упругости основания $E_{\text{общ}}$ на уровне подошвы пакета слоев из асфальтобетона, выполняя расчет конструкции снизу-вверх по номограммам, представленным на рисунках Е.1, Е.2 приложения Е в [3];

- приводят конструкцию к двухслойной модели и по отношениям h/D и $E_B/E_{\text{общ}}$ и по номограммам, представленным на рисунках Е.51, Е.52 приложения Е в [3], определяют растягивающее напряжение от единичной нагрузки $\overline{\sigma}_R$;

- по формуле (22) вычисляют наибольшее растягивающее напряжение σ_R ;

- рассчитывают предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений R_N по формуле (20) для материала рассчитываемого слоя асфальтобетона;

- проверяют выполнение условия прочности по формуле (18) и при необходимости вносят изменения в конструкцию дорожной одежды: увеличивают толщину слоев асфальтобетона или применяют в слоях основания материалы с более высокими расчетными модулями упругости с целью увеличения общего модуля упругости основания $E_{\text{общ.}}$.

д) Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость.

В районах сезонного промерзания грунтов на участках дорог, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд и земляного полотна.

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$$I_{\text{пуч.}} \leq I_{\text{доп.}}, \quad (23)$$

где $I_{\text{пуч.}}$ - расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;

$I_{\text{доп.}}$ – допускаемое для данной конструкции пучение.

В соответствии с ГОСТ Р 59120 при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами до 10 лет расчетное значение пучения от воздействия низких температур не должно превышать предельно допустимого значения морозного пучения, а при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами более 10 лет расчетное значение пучения на поверхности покрытия от воздействия низких температур не должно превышать 80 % предельно допустимого значения морозного пучения.

Не требуется специальных мер по защите дорожных одежд от морозного пучения в следующих случаях:

- в районах с глубиной промерзания грунтов менее 0,6 м;

- при земляном полотне, сложенном на всю глубину промерзания из непучинистых или слабопучинистых грунтов;

- если общая толщина дорожной одежды превышает 2/3 глубины промерзания дорожной конструкции (согласно 10.8).

Группы грунтов по степени пучинистости представлены в ГОСТ 33063.

Дорожные одежды рассчитывают на морозоустойчивость для характерных участков дороги, сходных по грунтово-гидрологическим условиям, подстилаемых одинаковыми грунтами, имеющими одну и ту же конструкцию земляного полотна (насыпь, нулевые отметки или выемка).

Требуемую по критерию морозоустойчивости толщину дорожных одежд определяют по номограммам [3] (см. рисунок 6), предварительно определив ординату морозного пучения при осредненных условиях $I_{\text{пуч.ср}}$ по формуле:

$$I_{\text{пуч.ср}} = I_{\text{доп}} / (k_{\text{угв}} \cdot k_{\text{пл}} \cdot k_{\text{гр}} \cdot k_{\text{нагр}} \cdot k_{\text{вл}} \cdot k_{\text{Zпр}}), \quad (24)$$

где $I_{\text{доп}}$ - допустимая величина морозного пучения (в соответствии с ГОСТ Р 59120);

$K_{\text{угв}}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (см. рисунок 7 [3]). При отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод следует принимать: для супеси тяжелой и пылеватой и суглинка — 0,53; для песка и супеси легкой и крупной - 0,43;

$K_{\text{пл}}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (см. таблицу 11 [3]);

$K_{\text{гр}}$ - коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи, принимаемый: для песков — 1,0; супесей — 1,1; суглинков — 1,3; глин — 1,5;

$K_{\text{нагр.}}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания ([3] см. рисунок 8).

$K_{\text{вл.}}$ - коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта ([3] см. таблицу 12).

Глубину промерзания дорожной конструкции $z_{\text{пр}}$ допускается вычислять по формуле:

$$z_{\text{пр.}} = z_{\text{пр.ср.}} * 1,38 \quad (25)$$

где $z_{\text{пр.ср.}}$ — глубина сезонного промерзания грунта, определяемая по данным инженерно-геологических изысканий в соответствии с требованиями СП 22.13330 в зависимости от типов грунтов, подстилающих дорожную одежду. При отсутствии данных инженерно-геологических изысканий $z_{\text{пр.ср.}}$ принимают равной средней глубине промерзания грунтов для данного района, определяемой с использованием карт изолиний [см. ГОСТ Р 71244— 2024 (приложение Д)].

Коэффициент, зависящий от глубины промерзания дорожной конструкции, принимают равным 1 при глубине промерзания $z_{\text{пр}}$ до 2,0 м включительно и определяемым при глубине промерзания свыше 2,0 до 3,0 м по формуле:

$$K_{z_{\text{пр}}} = a + b(z_{\text{пр}} - c), \quad (26)$$

где a , b , c — коэффициенты, которые при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{\text{пр}}$ св. 2,0 до 2,5 м равны 1,00; 0,16 и 2,00 соответственно, а при глубине промерзания дорожной конструкции $z_{\text{пр}}$ св. 2,5 до 3,0 м равны 1,08; 0,08 и 2,50 соответственно.

2.4 Проектирование искусственных сооружений

К малым водотокам относятся ручьи, малые реки с площадью водосборного бассейна не более 100 км^2 , а также овраги и суходолы. Оврагами называются глубокие крутосклонные рытвины, образованные водотоками периодического действия. Суходолы – это долины местности, заполняемые лишь талыми водами. Лог – это овраг с пологими задернованными склонами и плоским днищем.

Для преодоления каждого водного препятствия строят систему сооружений, называемую переходом водотока.

Наибольшее распространение получили переходы, где в количестве искусственных сооружений используются мосты и трубы.

а) Определение параметров водосборного бассейна

Водопропускные сооружения проектируют на пропуск расчетного максимального расхода воды заданной вероятности превышения. Вероятность превышения (ВП) – это вероятность превышения расчетного максимального расхода воды еще большим расходом по значению.

Чем больше максимальный расход, тем меньше вероятность его превышения. Вероятность превышения нормируется в зависимости от типа искусственного сооружения и категории дороги.

Нормативные значения вероятности превышения для малых мостов и труб в зависимости от категории дороги даны в [9].

Сначала задают вероятность превышения расчетного максимального расхода воды из в [9] ($\text{ВП} = 2 \%$).

Выбирают на плане трассы место для проектируемого малого искусственного сооружения и на карте с планом трассы карандашом намечают границы водосборного бассейна. Границами являются водоразделы, существующие и проектируемые дороги.

Затем определяют параметры бассейна:

- площадь водосборного бассейна F , км^2 ;
- длину бассейна L , км;

- средний уклон бассейна:

$$i = \frac{H_3 - H_0}{L}, \quad (27)$$

где H_3 , H_0 – отметки дна в вершине бассейна и створе сооружения соответственно.

- уклон бассейна в створе сооружения:

$$i_c = \frac{H_B - H_H}{100}, \quad (28)$$

где H_B , H_H – отметки дна.

Далее необходимо вычислить максимальные расходы воды, образующиеся в результате ливня и таяния снегов.

б) Определение максимального расхода ливневых вод

Значение расхода ливневых вод вычисляют по формуле:

$$Q_L = 16,7 * a_{\text{час}} * K_t * \alpha * \varphi * F, \quad (29)$$

где $a_{\text{час}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности;

K_t – коэффициент от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности (таблица 3.3 [12]);

α – коэффициент потерь стока (таблица 3.4 [12]);

φ – коэффициент редукции (таблица 3.5 [12]);

F – площадь бассейна, км².

в) Определение максимального расхода талых вод

Максимальный расход от талых вод определяется по формуле:

$$Q_T = \frac{k_0 * h_p * F * \delta_1 * \delta_2}{(F+1)^n}, \quad (30)$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья (таблица 3.6 [12]);

h_p – расчетный слой суммарного стока той же вероятности превышения, мм;

δ_1 – коэффициент заозеренности (принимается 1);

δ_2 – коэффициент залесенности и заболоченности (принимается 1);

n – показатель степени (таблица 3.6 [12]).

По карте средних слоев талых вод (рисунок 3.7 [12]) определяют h – средний многолетний слой стока. Значения по карте соответствуют водосборным бассейнам с $F > 100 \text{ км}^2$. Для малых бассейнов вводятся поправочные коэффициенты: 1,1 при холмистом рельефе и глинистых почвах; 0,9 при равнинном рельефе и песчаных почвах; 0,5 при особо больших потерях стока (сосновые леса на песках).

По карте коэффициентов вариации слоев стока талых вод (рисунок 3.8 [12]), находят значение коэффициента вариации C_v . К значениям C_v , полученным по карте, необходимо вводить коэффициенты: 1,25 при площади бассейна $F = (0-50) \text{ км}^2$; 1,2 при $F = (51-100) \text{ км}^2$

Значение модульного коэффициента слоя стока K_p зависит от ВП, C_v и C_s . C_s – коэффициент асимметрии, который принимают равным $2C_v$ для равнинных водосборов; для водосборов, расположенных на северо-западе и северо-востоке страны $C_s = 3C_v$.

Вычисляют расчетный слой суммарного стока по формуле:

$$h_p = h' \cdot K_p \quad (31)$$

Находим максимальный расход от талых вод по формуле (30).

г) Назначение расчетного максимального расхода воды

В качестве расчетного максимального расхода воды принимаю наибольший расход из найденных, т.е.

$$Q_p = \max (Q_{\text{л}}; Q_{\text{т}}) \quad (32)$$

Проектирование водопропускных труб включает в себя: определение расчетного максимального расхода воды, подбор отверстия трубы, назначение минимальной высоты насыпи у трубы, определение длины трубы, назначение укрепления выходного русла за трубой.

В типовых проектах разработаны конструкции железобетонных круглых и прямоугольных труб со следующими размерами отверстия в свету:

Круглые трубы диаметром: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 и 2,0 м.

Прямоугольные трубы ширина b х высота h : 2,0 х 2,0; 2,5 х 2,0; 3,0 х 2,5; 4,0 х 2,5.

Для типовых труб имеются таблицы пропускной способности, в которых приведены значения сбросного расхода и соответствующие ему напоры воды в трубе. Для нестандартных труб, а также труб, установленных на косогоре, необходимо проводить индивидуальные расчеты.

Круглые трубы с малыми отверстиями часто засоряются или заиливаются, поэтому случаи назначения минимальных размеров отверстий регламентируются строительными нормами.

Определяем размер трубы согласно максимальному расходу воды от ливневых или снеговых вод по таблицам гидравлических характеристик типовых труб (таблицы 3.9-3.10 [12]).

Определение минимальной высоты насыпи у трубы

При безнапорном режиме минимальная высота насыпи по верховой бровке $H_{\text{нас (мин)}}$ принимается исходя из формулы:

$$H_{\text{нас(мин)}} = h_{\text{тр}} + \delta + \Delta + h_{\text{до}}, \quad (33)$$

где $h_{\text{тр}}$ - высота трубы в свету, м;

δ – толщина стенки трубы, м;

Δ – минимальная толщина засыпки над звеньями трубы, принимаемая для всех типов труб на автомобильных и городских дорогах при безнапорном режиме

равной 0,5 м при толщине ДО меньше 0,5м и равной толщине ДО, если последняя больше 0,5м;

$h_{до}$ – толщина дорожной одежды, м.

Эти минимальные отметки бровки насыпи у труб являются контрольными отметками при нанесении проектной линии продольного профиля.

Определение длины трубы

Наименьшая длина трубы достигается при пересечении водотока под прямым углом к дороге.

Длина трубы зависит от высоты насыпи у трубы $H_{нас}$, которая определяется по продольному профилю после его проектирования и которая должна быть не менее минимальной высоты насыпи у трубы $H_{нас} \geq H_{min}$.

При высоте насыпи $H_{нас} \leq 6,0$ м длина трубы без оголовков определяется по формуле:

$$l = \left[\frac{0.5B + m(H_{нас} - h_{тр})}{1 + mi_{тр}} + \frac{0.5B + m(H_{нас} - h_{тр})}{1 - mi_{тр}} + n \right] * \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (34)$$

где B – ширина земляного полотна;

m – коэффициент заложения откоса земляного полотна (принимается равным 1,5);

$i_{тр}$ – уклон трубы, принимается равным уклону лога у сооружения i_c ;

n – толщина стенки оголовка, принимается равным 0,35м (первое и последнее звенья входят в оголовки на 0,5n);

α – угол между осью трубы и дороги.

При высоте насыпи $H_{нас} > 6,0$ м длина трубы без оголовков определяется по формуле:

$$l = \left[\frac{0.5B - 1,5 + 1,75(H_{нас} - h_{тр})}{1 + 1,75i_{тр}} + \frac{0.5B - 1,5 + 1,75(H_{нас} - h_{тр})}{1 - 1,75i_{тр}} + n \right] * \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (35)$$

Полная длина трубы:

$$L_{\text{тр}}=l+2M, \quad (36)$$

где M – длина оголовков (см. таблицы 3.11 и 3.12 [12]).

Назначение укрепления у трубы

При растекании потока за трубой его скорость возрастает примерно в 1,5 раза, что вызывает размыв русла, поэтому укрепления за трубой обязательны и должны заканчиваться предохранительным откосом с каменной наброской.

Конструкцию и размеры укрепления входного и выходного оголовков принимают по типовому проекту 501-0-46 «Укрепление русел и откосов насыпей у водопропускных труб»

Существует несколько способов укрепления: монолитным бетоном, одиночным мощением и сборными бетонными плитами. Чаще всего применяют одиночное мощение при наличии местного камня или мелкие бетонные плитки.

Для укрепления используется бетон класса В20, усиленный металлической сеткой из арматуры класса А1. Поверхность укрепления делится на карты размером примерно 2х2 м асфальтовыми планками 3х6х50 см или антисептированными досками. Асфальтовые планки удерживаются в проектном положении металлическими штырями диаметром 16–18 мм и длиной 250–300 мм. На асфальтовые планки и на сухари (бетонные бруски толщиной 60 мм) укладывают арматурную сетку с ячейками 200х200 мм из арматуры класса А1 диаметром 6 мм. Поверх арматуры на нижние ряды асфальтовых планок устанавливают такие же верхние планки и связывают с нижними проволокой. Затем укладывают бетон и уплотняют его виброплощадками. Толщина слоя бетона при укреплении откосов в насыпи и русла входного оголовка должна быть 80 мм, выходного русла – 120 мм. Для предотвращения сползания бетона укрепления с откосов насыпи устраивается упор из бетонных блоков размерами 400х500х1500(2000) мм, установленных по линии откоса насыпи.

2.5 Проектирование продольного профиля

Проектирование продольного профиля предусматривает следующие этапы:

- установление и подготовка исходных данных;
- нанесение линии поверхности земли по оси дороги и проектной линии соответствии с основными требованиями к ней;
- расчет элементов проектной линии с определением проектных и рабочих отметок;
- описание проектной линии;
- оформление продольного профиля.

Составление ведомости отметок поверхности земли по оси дороги

Чтобы построить продольный профиль поверхности земли, необходимо знать ее отметки на пикетах (ПК) и плюсовых точках по оси дороги. Плюсовые точки назначают в местах резкого изменения крутизны склонов, характеризующихся сгущением или разрежением горизонталей; в переломных точках на возвышениях и понижениях рельефа местности; на границах обрывов и оврагов; в местах пересечения трассы с железными и автомобильными дорогами, а также с водотоками.

В промежуточных точках между горизонталями отметки поверхности земли определяют интер- и экстраполяцией. Метод интерполяции применяется в том случае, когда точка находится между разомкнутыми горизонталями. Если известны отметки двух соседних горизонталей, то промежуточную отметку можно найти исходя из подобия треугольников, измерив расстояние между горизонталями по карте. Определение отметки земли интерполяцией показано на рис. 4.1. Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали или за пределами двух горизонталей, то ее отметку определяют экстраполяцией (рис.4.2 а, б).

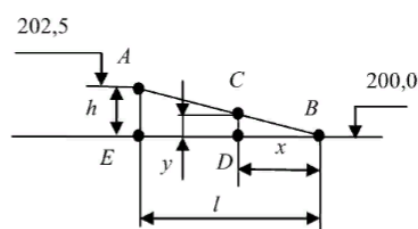
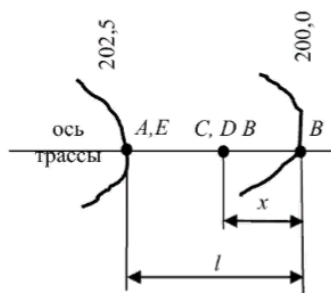


Рисунок 7 - Определение отметок методом интерполяции

Из подобия треугольников ABE и CBD в обоих способах следует соотношение:

$$\frac{y}{h} = \frac{x}{l} \quad (37)$$

Согласно ему $y = h \cdot \frac{x}{l}$. Тогда отметка местности в точке C определится по формуле:

$$H_C = H_B + y, \quad (38)$$

где H_C , H_B – соответственно отметки земли в точках C и B;

y – разность отметок в точке B и искомой точке.

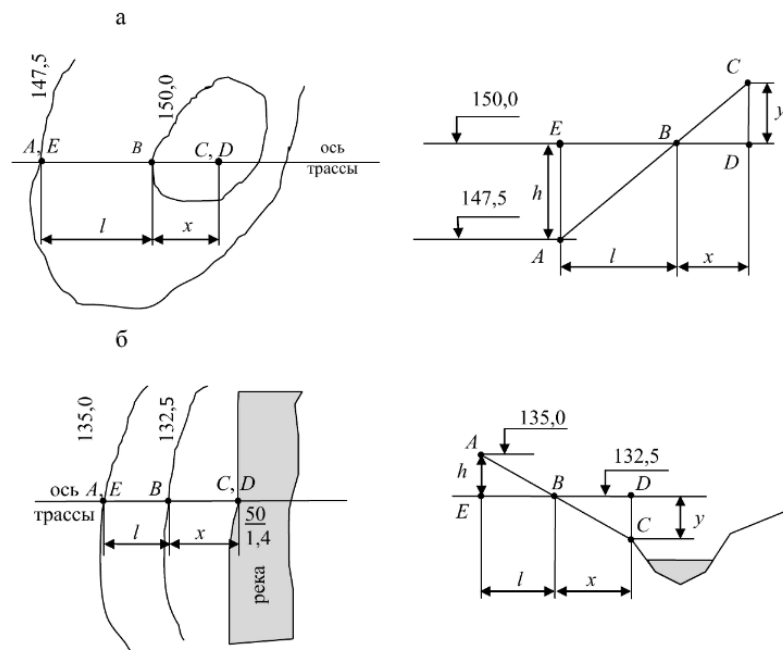


Рисунок 8 - Определение отметок методом экстраполяции: а – в замкнутой горизонтали; б – за пределами двух горизонталей

Отметки дна пересекаемых оврагов принимают ориентировочно.

Разработка чертежа продольного профиля дороги

Продольный профиль автомобильных дорог вычерчивают в соответствии с [8] 410 мм. В случае равнинного рельефа применяют чертежный лист высотой 297 мм с рамкой высотой 287 мм.

Продольный профиль горизонтальный – 1:5000; вертикальный – 1:500; вертикальный масштаб для грунтового разреза – 1:100. Допускается применять такие масштабы: горизонтальный – 1:2000; вертикальный – 1:200; для грунтового разреза – 1:50 или 1:200. Высота всех цифр на чертеже и в графах сетки составляет 3 мм.

Сначала вычерчивают сетку продольного профиля. Ее размещают на листе так, чтобы правая и верхняя границы боковика совпадали с жирной линией на миллиметровой бумаге. Размеры боковика приведены на рисунке 9.

Тип местности по увлажнению				5	145
Проектные данные	Тип поперечного профиля		слева	5	
			справа	5	
	Левый кювет	Укрепление		5	
		Уклон, % ; длина, м		10	
		Отметка дна, м		15	
	Правый кювет	Укрепление		5	
		Уклон, %; длина, м		10	
		Отметка дна, м		15	
	Уклон, %; вертикальная кривая, м			10	
	Отметка оси дороги, м			15	
Фактические данные	Отметка земли, м			15	
	Расстояние, м			10	
Пикет Элементы плана Километры				20	
10	25	20	20		

Рисунок 9 - Форма боковика сетки

Далее заполняют графу «Расстояние, м». Ее разбивают вертикальными линиями на пикеты (по 2 см). Положение плюсовых точек обозначают также вертикальными линиями. В графе указывают расстояние между точками перелома фактической поверхности земли.

В графе «Пикет, элементы плана, километры» размещают номера пикетов. Их полные значения записывают только на километровых пикетах. У остальных приводят только последнюю цифру (Приложение Д).

Обозначение и размеры указателя километров даны в приложении к данному разделу. Далее сплошной жирной линией толщиной 0,5 мм наносят план трассы. Кривые показывают горизонтальными линиями, смещенными вверх при повороте направо и вниз при повороте налево. Переходные кривые показывают наклонными линиями. Начало и конец первой наклонной линии должны соответствовать началу закругления и началу круговой кривой, второй наклонной линии – концу круговой кривой и концу закругления соответственно. Обозначение криволинейного участка без переходных кривых приведено в приложении, п. 2б. На плане также указывают величины углов поворота и радиусов закругления, длины прямолинейных участков и их румбы. В этой же графе изображают ситуацию местности в пределах полосы шириной 100 м в обе стороны от оси дороги.

В графе «Отметки земли, м» записывают отметки земли, округленные до сотых долей. Над верхней линией боковика сетки указывают принятый условный горизонт (УГ) для построения грунтового профиля. Его выбирают так, чтобы от линии земли оставалось не менее 8-10 см до верхнего края рамки и не менее 8-10 см до сетки продольного профиля. Таким образом, при высоте чертежа 420 мм, с учетом вышеуказанных требований, линия земли должна располагаться в полосе шириной не более 10 см. При больших перепадах высот условный горизонт меняют по длине дороги.

Для того, чтобы вычислить величину условного горизонта, необходимо в ведомости отметок земли по оси дороги найти значения самой высокой $H_{\max}$ и самой низкой $H_{\min}$ отметок земли. С учетом того, что линия земли должна

находиться в полосе 10 см, а масштаб по вертикали 1:500, следует, что превышение между $H_{\max}$ и $H_{\min}$ должно быть не более 50 м.

Если $H_{\max} - H_{\min} > 50$ м, то принимают два или более условных горизонта, разбивая профиль на участки, в пределах которых разность отметок не превышает 50 м, и вертикально смещая одну часть профиля относительно другой. При этом значение условного горизонта может быть вычислено по формуле:

$$УГ = H_{\max,i} - 90, \quad (39)$$

где $H_{\max,i}$ – максимальная отметка земли на i -м участке профиля.

Его округляют до ближайшего целого числа, кратного 5-ти, и записывают над верхней линией сетки. Первый условный горизонт (УГ) записывают над верхней линией боковика сетки, последующие над верхней линией сетки перед смещенным участком профиля.

Далее строят продольный профиль земли по оси дороги, используя данные графы «Отметки земли, м». Параллельно ему, ниже на 2 см, вычерчивают верхнюю границу грунтового профиля. Их показывают сплошной тонкой линией толщиной 0,25 мм.

В графе «Тип местности по увлажнению» указывают номер типа. По условиям увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности: 1 – сухие участки, на которых поверхностный сток воды обеспечен; 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года; 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением. Тип местности определяют по карте. На протяжении трассы он может меняться.

Оформление грунтового профиля дороги

Грунтовый разрез трассы выполняют по данным инженерно-геологических обследований. Шурфы и скважины закладывают в пределах придорожной полосы шириной до 200 м. Шурфы – это вертикальные выработки сечением 1,2-2 м, устраиваемые на равнинных участках трассы. Они более трудоемки, чем скважины,

но позволяют детальнее исследовать грунт. Скважины имеют диаметр 50, 60, 78 и 89 мм. Их бурят в местах предполагаемого строительства искусственных сооружений, на участках глубоких выемок, под высокими насыпями.

Глубина скважин в выемках должна дать представление о грунтовом профиле не менее чем на глубину промерзания и толщины дорожной одежды ниже бровки земляного полотна. Скважины под высокими насыпями закладываются на величину активной зоны, т.е. в среднем на 3-4 м. Глубина скважин у труб и малых мостов составляет 5-10 м. На 1 км трассы обычно устраивают не менее 3 геологических выработок (шурфов или скважин). Под высокими насыпями скважины бурят через 50- 100 м, в глубоких выемках – через 100-150 м, но не менее двух на одну выемку. У малых искусственных сооружений закладывают одну скважину, у больших и средних мостов количество скважин зависит от типа фундамента опор (не менее 2-3 скважин).

Шурфы и скважины вычерчивают шириной 4 и 2 мм соответственно. Если скважина не помещается полностью на грунтовом разрезе дороги, то её показывают с разрывом. Справа на уровне низа шурфа или скважины пишут значение глубины заложения. В колонках шурфов и скважин при помощи условных обозначений указывают влажность и консистенцию грунтов (рисунок 10).

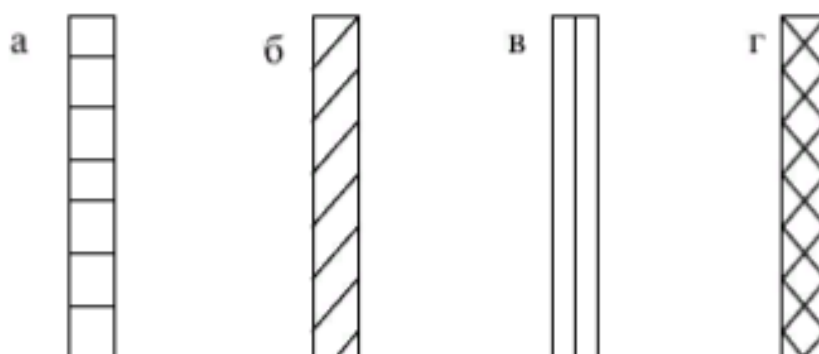


Рисунок 10 – Влажность и консистенция грунтов в шурфах и скважинах:

а – маловлажные песчаные или твердые и полутвердые глинистые грунты; б – влажные песчаные или тугопластичные глинистые грунты; в – влажные песчаные

или мягкопластичные глинистые грунты; г – водонасыщенные песчаные или текучепластичные и водонасыщенные глинистые грунты

Между шурфами и скважинами проводят тонкие линии, показывающие границы залегания пластов. Справа, на уровне нижней границы слоя грунта, пишут значение глубины его залегания. Низы шурфов и скважин соединяют прямыми тонкими линиями, под которыми, а также выше грунтового разреза проводят сплошные линии ординат пикетов и плюсовых точек. Слои грунтов обозначают условными номерами в кружках диаметром 5-7 мм. Над боковым продольного профиля помещают таблицу с наименованиями грунтов.

Число строк в таблице зависит от количества грунтовых слоев, обнаруженных при изысканиях в районе строительства будущей дороги. В графы таблицы заносят условные номера и наименования грунтов, а также группы – обозначения, принятые в соответствии с классификацией грунтов по трудности разработки. В курсовом проекте допускается не указывать группы грунта.

Обоснование руководящих отметок

Руководящая отметка необходима для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Ее определяют с учетом ряда факторов: дорожно-климатической зоны, категории дороги, вида грунта рабочего слоя, типа местности по характеру увлажнения и условиям снегонезаносимости. Так как тип местности по условиям увлажнения меняется вдоль трассы, то и руководящих отметок будет несколько.

а) Руководящая отметка для первого типа местности

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению назначается из условия снегонезаносимости дороги.

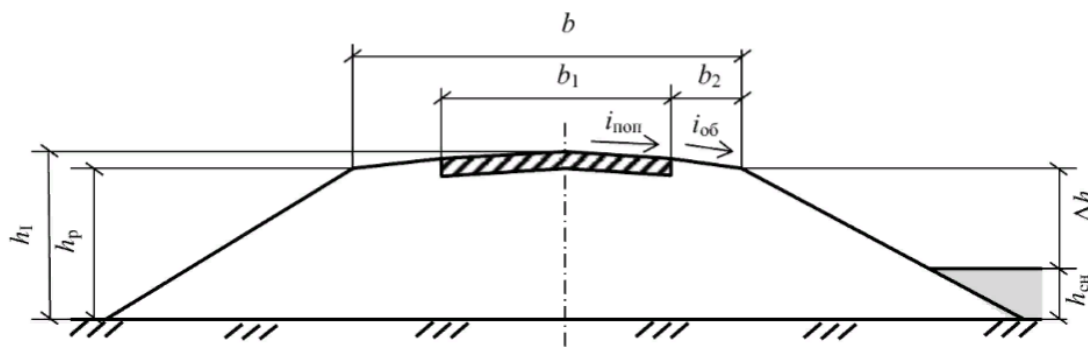


Рисунок 11 - Схема к определению руководящей отметки из условия снегонезаносимости дороги

Условие снегонезаносимости заключается в том, что отметка бровки насыпи должна быть не менее величины h_p , определяемой в соответствии по формуле:

$$h_p = h_{сн.} + \Delta h, \quad (40)$$

где $h_{сн.}$ — расчетная толщина снегового покрова 5% - ой обеспеченности;

Δh — возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, зависящее от категории дороги.

В районах, где расчётная высота снежного покрова превышает 1 м, необходимо проверить достаточность возвышения бровки насыпи над снежным покровом с учётом снега, сбрасываемого с дороги. Математически это требование можно выразить следующим образом:

$$h_p = h_{сн} + \max (\Delta h, \Delta h_s), \quad (41)$$

где

$$\Delta h_s = 0,375 h_{сн} \frac{b}{a}, \quad (42)$$

где b — ширина земляного полотна;

a — расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем.

Полученную отметку необходимо перевести в руководящую отметку для линии проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси дороги или кромке проезжей части.

Руководящая отметка вычисляется по формуле:

$$h_I = h_p + i_{об.} \cdot b_2 + i_{пр.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (43)$$

где b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2 краевых полос обочины);

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$ – поперечный уклон обочины;

$i_{пр.}$ – поперечный уклон проезжей части.

б) Руководящая отметка для второго типа местности

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод. При этом считают, что поверхностный сток воды не обеспечен и вода стоит не более 30 суток.

При необеспеченном стоке воды от поверхности земли руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определится по формуле:

$$h_{II} = h_{I,н} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (44)$$

где $h_{I,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли; $i_{поп.}$ – поперечный уклон проезжей части;

b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины).

При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод (не более 30 суток) руководящая отметка вычисляется по формуле:

$$h_{II} = h_{1,н} + h_{пв} + i_{поп.} * \frac{b_1}{2}, \quad (45)$$

где $h_{пв}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли.

Значения $h_{1,н}$ принимаются в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя. Таблица взята из [10].

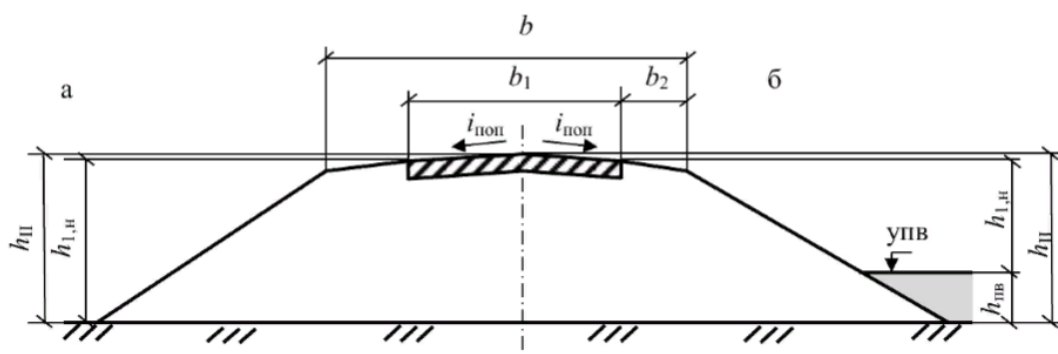


Рисунок 12 - Определение руководящей отметки для второго типа местности по увлажнению: а – при необеспеченном стоке от поверхности земли; б – при необеспеченном стоке кратковременно стоящих поверхностных вод

в) Руководящая отметка для третьего типа местности

Руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых вод или поверхностных вод, стоящих более 30 суток.

При необеспеченном стоке поверхностных вод, стоящих более 30 суток, руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определяется по формуле:

$$h_{III} = h_{2,н} + h_{пв} + i_{поп.} * \frac{b_1}{2}, \quad (46)$$

где $h_{2,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем поверхностных вод;

$h_{пв.}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли;

$i_{поп.}$ – поперечный уклон проезжей части;

b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины).

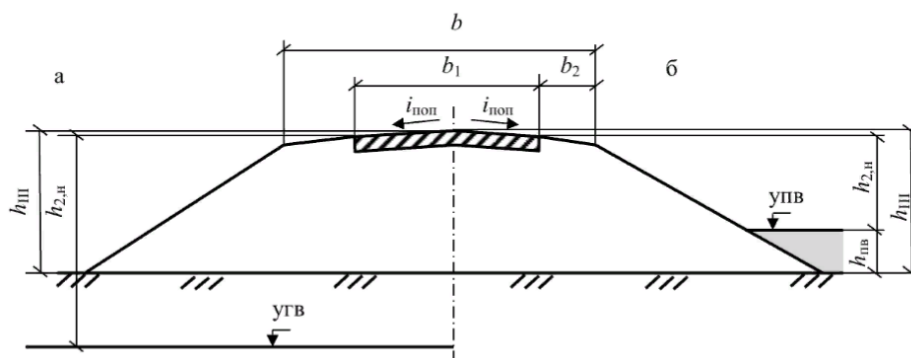


Рисунок 13 – Определение руководящей отметки для третьего типа местности по увлажнению: а – при высоком стоянии грунтовых вод; б – при необеспеченном стоке поверхностных вод

В случае высокого стояния грунтовых вод руководящая отметка вычисляется следующим образом:

$$h_{III} = h_{2,н} - h_{ГВ} + i_{поп.} * \frac{b_1}{2}, \quad (47)$$

где $h_{2,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод;

$h_{ГВ}$ – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод.

Контрольные точки для проектной линии продольного профиля

К контрольным точкам проектной линии относятся следующие: начало и конец трассы; минимальные отметки насыпи над трубами. Прежде, чем вычислять контрольные точки, необходимо определить пикетажное положение и отметку земли, в которых будут сооружаться труба.

Контрольные точки проектной линии в начале и конце трассы. Это точки, через которые проектная линия продольного профиля обязана пройти. В курсовом проекте их принимают в соответствии с руководящими отметками. Если в начале и конце трассы сток воды обеспечен, то контрольные точки определяются по формулам:

$$H_{HT} = H_{з,HT} + h_I, \quad (48)$$

$$H_{КТ} = H_{з,КТ} + h_I, \quad (49)$$

где $H_{з,HT}$, $H_{з,КТ}$ – отметки земли в начале и конце трассы соответственно;

h_I – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению.

Минимально допустимые отметки над трубами являются контрольными точками, ограничивающими положение проектной линии снизу. В случае безнапорного течения воды в трубах контрольная отметка определится по формуле:

$$h = d + \Delta + \delta + h_{до.}, \quad (50)$$

где d – диаметр трубы;

Δ – толщина засыпки над трубой;

δ – толщина стенки трубы;

$h_{до.}$ – толщина конструкции дорожной одежды.

Проложение ломаной линии и расположение вертикальных кривых

При нанесении проектной линии руководствуются правилами:

- уклоны проектной линии не должны превышать допустимых для данной категории дороги;
- для комфортного проезда по автомобильной дороге рекомендуется задавать продольный уклон, не превышающий 30 %;

- недопустим пилообразный профиль;
- объём земляных работ должен быть минимальным;
- необходимо обеспечить беспрепятственный отвод поверхностной воды от земляного полотна, для этого уклоны проектной линии в местах выемок должны быть не менее 5 ‰ и длина выемок – не более 500 м;
- участки проектной линии, проходящие по мосту или путепроводу, должны иметь уклон не менее 5‰ (с целью обеспечения продольного водоотвода) и не более 30‰ (в условиях образования гололедицы на проезжей части искусственного сооружения).

Возможны два способа нанесения проектной линии: по обёртывающей и по секущей. По обёртывающей прокладывают проектную линию в условиях равнинного рельефа местности и на дорогах низких категорий. В этом случае проектная линия по возможности параллельна поверхности земли. Отступают от этого правила лишь на пересечениях пониженных мест рельефа. В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа при проектировании по обёртывающей проектная линия получается беспокойной. В этом случае проектную линию наносят по секущей. При этом стараются обеспечить примерный баланс земли участков насыпей и выемок для того, чтобы грунты из выемок использовать в устройстве насыпей в пониженных местах. Т. к. при равных значениях рабочих отметок поперечное сечение выемки больше сечения насыпи, то необходимо располагать проектную линию таким образом, чтобы площадь участков выемок на продольном профиле была на 25-30% меньше площади участков насыпей. При использовании способа проектирования по секущей получают плавный продольный профиль.

Суть метода тангенсов заключается в том, что сначала строят ломаную линию, а затем в места её переломов вписывают вертикальные кривые и вносят коррективы в проектные и рабочие отметки за счет кривизны.

Создание проектной линии состоит из двух этапов: построения ломаного хода и вписывания вертикальных кривых.

1) Сначала наносят на чертеж все контрольные точки. Далее намечают вершины ломаной линии, которые следует размещать на возвышенностях и понижениях рельефа.

2) Строят первый отрезок, соединяющий начальную точку проектной линии А (ПК0+00) с ближайшей намеченной вершиной ломаной линии (точкой В), и оценивают уклон по формулам:

$$I_1 = \frac{H_0 - H_1}{l}, \quad (51)$$

где H_0 – предыдущая высота;

H_1 – высота угла;

l – расстояние между высотами.

$$I_2 = \frac{H_1 - H_2}{l}, \quad (52)$$

где H_2 – следующая высота;

H_1 – высота угла;

l – расстояние между высотами.

3) Уточняют уклон, т.е. пересчитывают отметку точки В.

4) Если уклон – больше максимально допустимого значения для данной категории дороги, то перемещают точку В по вертикали до приемлемой величины уклона.

5) Одновременно заполняют строки сетки чертежа «Уклон, расстояние» и «Отметки по оси дороги». Над чертой записывается значение уклона, под чертой – длина отрезка.

6) Дистраивают ломаный ход до конца трассы.

Вписывание вертикальных кривых:

Но на этом построение ломаного хода не заканчивается, т.к. необходимо убедиться, что в образовавшиеся переломы удастся вписать вертикальные кривые с минимально допустимыми радиусами. Чем больше радиус вертикальной кривой, тем более плавной будет проектная линия. Но большой радиус не должен приводить к излишним объёмам земляных работ. При выборе значений радиусов руководствуются нормами [10].

Вычисляют элементы вертикальной кривой: тангенс T_B , длину кривой K_B , биссектрису B_B . Домером, ввиду больших значений радиусов, пренебрегают.

$$T_B = \frac{R_B |i_1 - i_2|}{2} \quad (53)$$

$$K_B = 2 * T_B \quad (54)$$

$$B_B = \frac{T_B^2}{2R} \quad (55)$$

Рекомендуется сначала попробовать вписать минимально допустимые значения радиусов выпуклых и вогнутых кривых. Если длина кривой оказалась менее предельной величины, то следует увеличить значение радиуса кривой. В формулу (49) уклоны вводятся с соответствующим знаком: положительный уклон соответствует движению на подъём, отрицательный (со знаком «минус») – на спуск.

Если расстояние между переломами больше суммы тангенсов для кривых, вписываемых в соседние вершины, то построение ломаного хода можно считать законченным.

Вычисление проектных отметок:

Вычисление проектных отметок состоит из двух этапов: сначала находят отметки по ломаному ходу, а затем на участках вертикальных кривых определяют

поправки. Проектные отметки по ломаному ходу считают для всех точек с известными отметками земли, а также в точках начала и конца вертикальных кривых по формуле:

$$H_j = H_{j-1} \pm i \cdot x_j, \quad (56)$$

где H_j – искомая отметка;

H_{j-1} – предыдущая отметка;

x_j – расстояние между точками с отметками H_j и H_{j-1} , i – уклон проектной линии (знак «+» соответствует движению на подъем, «-» – на спуск).

2.6 Проектирование поперечного профиля

Поперечные профили назначают в зависимости от высоты насыпи или глубины выемки, а также от грунтовых условий с учётом природных особенностей района строительства.

В соответствии с [10] при проектировании земляного полотна следует применять типовые или индивидуальные решения. Индивидуальные решения применяют на слабых основаниях, при использовании грунтов высокой влажности, высоких (более 12 м) насыпях и глубоких (более 12 м) выемок.

Насыпи:

1) Насыпи из боковых резервов высотой до 2 м. Если дорогу прокладывают по малоценным землям, то грунт для насыпи берут из устраиваемых рядом с насыпью боковых резервов. К ценным землям относятся орошаемые, осушенные и другие мелиоративные земли, занятые многолетними плодовыми насаждениями и виноградниками, а также участки с высоким естественным плодородием почв и другие приравненные к ним земельные угодья.

Размеры резервов определяют исходя из количества грунта необходимого для отсыпки земляного полотна. Глубина резервов должна быть не менее 0,3 м и не более 1,5 м. Ширина резервов – не более 6 м.

Крутизну откосов для таких насыпей принимают из условия обеспечения безопасного съезда не круче:

1:4 – для дорог I-III категорий;

1:3 – для дорог IV-V категорий.

На открытых местах очертанию поперечного профиля придают округлённую форму с целью его плавного обтекания снеговетровым потоком.

2) Насыпи из привозных грунтов высотой до 3 м для дорог II-III категорий и высотой до 2 м для дорог IV-V категорий (рисунок 14). Крутизну откосов для таких насыпей принимают из условия обеспечения безопасного съезда не круче:

1:4 – для дорог 2-3 категорий;

1:3 – для дорог 4-5 категорий.



Рисунок 14 – Насыпь из привозных грунтов

3) Насыпи высотой от 2(3) м до 6 м (рисунок 15). Их устраивают с более крутыми откосами 1:1,5. Такая крутизна обеспечивает устойчивость откоса. В мелких песчаных и пылеватых грунтах в районах с влажным климатом крутизну откосов уменьшают до 1:1,75.

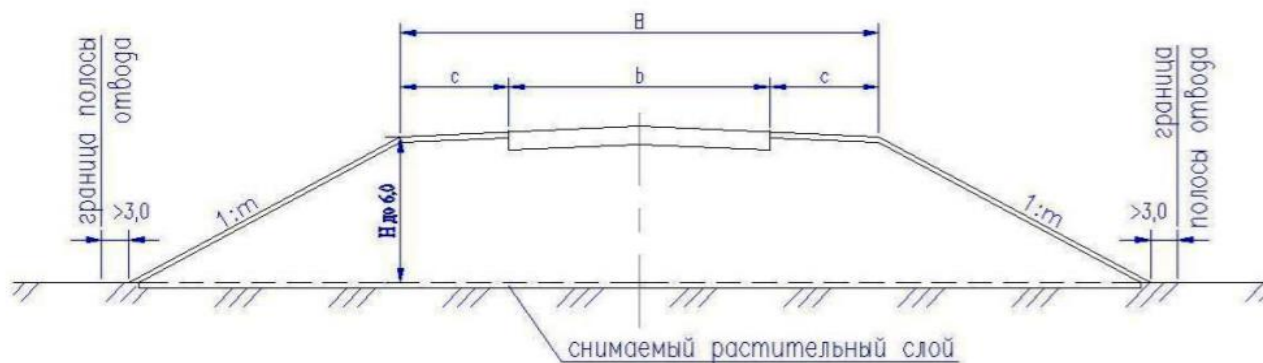


Рисунок 15– Насыпь высотой до 6 м

4) Насыпь высотой более 6 м (рисунок 16). В целях борьбы с оползнями откосы насыпей делают переменной крутизны. Верхнюю часть высотой 6 м делают с заложением 1:1,5 (1:1,75). Нижнюю часть откосов делают более полной - с заложением 1:1,75 (1:2).

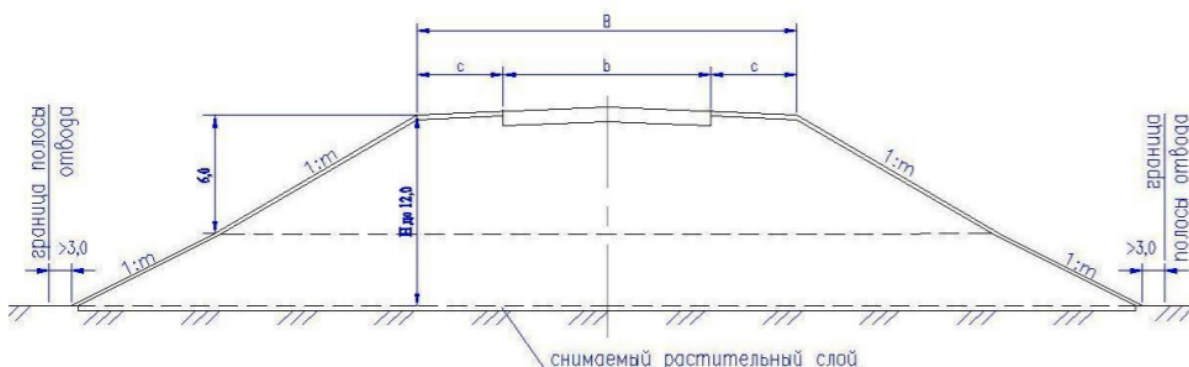


Рисунок 16 – Насыпь с переменной крутизной откоса

5) Насыпь на устойчивом косогоре крутизной от 1:5 до 1:3. На косогоре нарезают ступени с целью устойчивости земляного полотна. Для перехвата воды с косогора устраивают нагорную канаву и банкет.

6) Насыпь из бокового резерва на косогоре крутизной от 1:10 до 1:5.

Выемка:

В выемках существует два вида откосов – внешний и внутренний. Внутренний откос обычно имеет заложение 1:3 или 1:4 с целью обеспечения безопасного съезда с обочины.

7) Выемка глубиной до 1 м на открытых местах (раскрытая). На дорогах I-III категорий выемки глубиной до 1 м рекомендуется устраивать обтекаемого

поперечного профиля, обеспечивающего незаносимость снегом. Заложение внешних откосов у неё принимают в диапазоне 1:6 – 1:10 (рисунок 17).

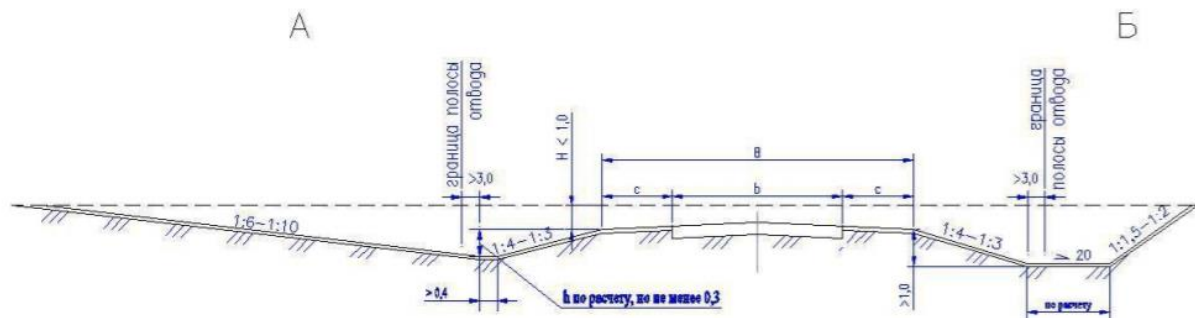


Рисунок 17– Выемка глубиной до 1 м; А – раскрытая; Б – разделанная под насыпь

8) Выемка глубиной до 1 м на высокоценных землях или в стесненных условиях. У такой выемки заложение внешних откосов принимают 1:1,5 в песчаных и однородных глинистых грунтах плотной консистенции.

9) Выемка глубиной до 12 м без закуветных полок (рисунок 18).

Для выемок глубиной до 5 м заложение внешнего откоса выемки принимают 1,5 (или 1:2). При большей глубине:

- 1:1,5 в песчаных и однородных глинистых грунтах.
- 1:1 в крупнообломочных грунтах.

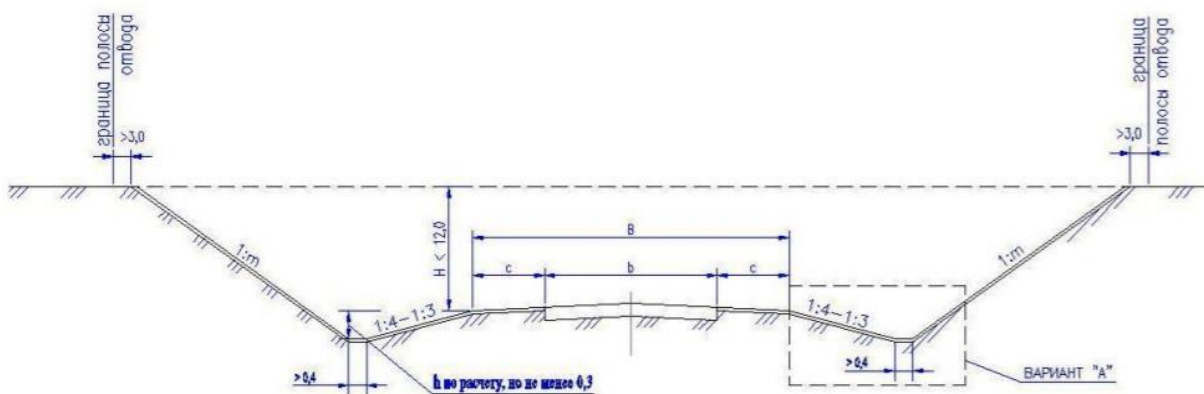


Рисунок 18 – Выемка без закуветных полок

10) Выемка глубиной до 12 м с закуветными полками (рисунок 19).

Полки устраивают в:

- местах с интенсивными метелями и снегопадами;
- легковыветриваемых скальных грунтах;

- переувлажненных глинистых грунтах;
- пылеватых и лёссовидных грунтах и лёссах.

Поверхности заюветных полков придаетса уклон 20-40‰ в сторону кювета.

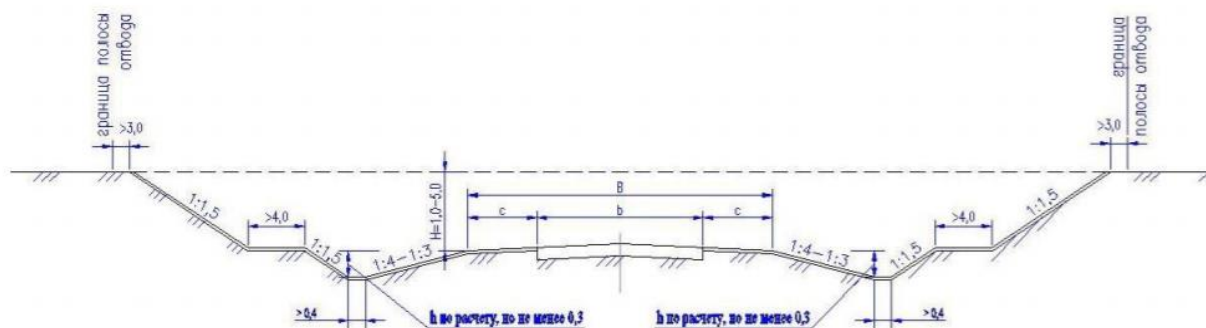


Рисунок 19 – Выемка с заюветными полками

Поперечные уклоны:

Для обеспечения стока воды с верхней части земляного полотна проезжей части и обочинам придают поперечные уклоны. Их назначают в зависимости от категории дороги, дорожно-климатической зоны, типа покрытия, типа укрепления и т.д.

Поперечные уклоны проезжей части в зависимости от дорожно-климатической зоны для дорог II-IV категорий:

I дорожно-климатическая зона – 15 ‰;

I I-IV дорожно-климатические зоны – 20 ‰;

V дорожно-климатическая зона – 15 ‰.

Обочинам придают больший уклон, по сравнению с уклоном проезжей части на 10-30 ‰, т. к. на их поверхности при эксплуатации могут появляться неровности, вызванные заездом автомобилей.

На автомобильных дорогах I-II категорий обочины должны быть укреплены на ширину не менее чем 0,75 м бетонными плитами, мощением щебнем или гравием, обработанными вяжущими. Остальную часть обочины укрепляют засевом травы, щебнем, гравием.

На автомобильных дорогах III-IV категорий обочины уплотняют и засевают низкорослыми травами, ширину укрепленной прочными материалами полосы сокращают до 0,5 м.

Допускаются уклоны для обочин:

30-40 ‰ при укреплении с применением вяжущих;

40-60 ‰ – гравием, щебнем, шлаком или бетонными плитами;

50-60 ‰ – дернованием или засевом трав.

2.7 Расчет объемов работ

Подсчет объёмов работ выполняется на основании продольного и поперечных профилей земляного полотна и дорожной одежды. Расчеты объемов работ по земляному полотну рекомендуется вести в табличной форме (таблица 5).

Таблица 5 - Объемы работ по земляному полотну

ПК	Средняя высота, м	Длина участка, м	Площадь поперечника, м ²	Объем поперечника, м ³	Объем ДО, м ³	Объем земляного полотна, м ³	Объем ЗП с коэф уплотнения, м ³	Планировка поверхности, м ²	Планировка откосов, м ²	Объем кювета, м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Земляные работы измеряются в м³, кроме тех, которые связаны с планировкой поверхности земли, м².

Короткий участок земляного полотна между двумя смежными переломами продольного профиля при отсутствии

поперечного уклона местности может рассматриваться как геометрическое тело – призматок с трапециевидальным основанием (рисунок 20), объем которого по упрощенной формуле равен произведению площади поперечного сечения на длину участка.

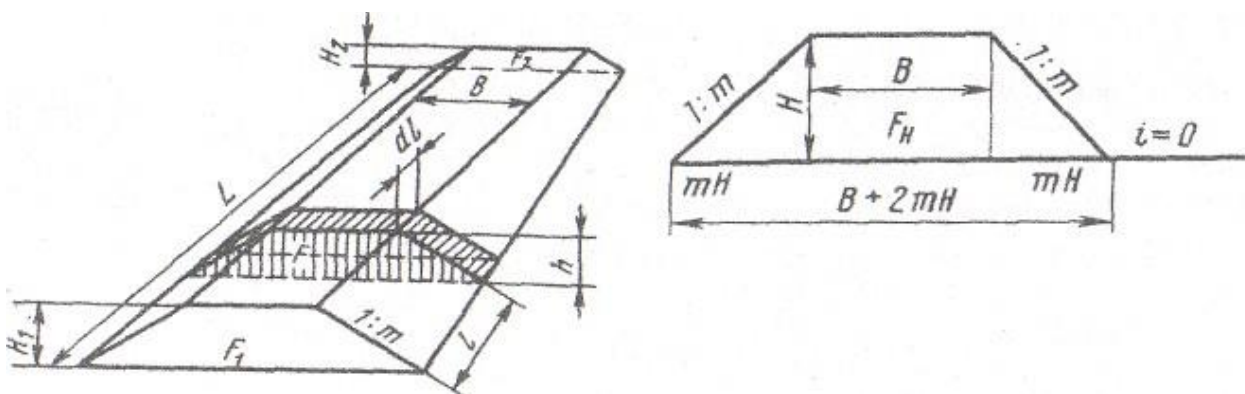


Рисунок 20 - Схема по определению объемов при горизонтальной поверхности грунта

Рисунок 21 - Схема для определения площади поперечного сечения насыпи

Площадь поперечного сечения (рисунок 21) определяется как площадь трапеции, а именно, равна полсуммы оснований на среднюю высоту насыпи:

$$S_{\text{попереч}} = \frac{B + (B + 2mH)}{2} * H, \quad (57)$$

где B – ширина земляного полотна, м;

m – заложение откосов, принимаемое согласно типу поперечного профиля;

H – средняя высота насыпи между пикетами, м.

Данная формула подходит для определения площади поперечного сечения, а также для определения площади сечения дорожной одежды.

Объем земляного полотна определяется по формуле:

$$V_{зп} = V_{попереч} - V_{до}, \quad (58)$$

Для нахождения необходимого объема грунта для устройства насыпи земляного полотна, $V_{зп}$ умножают на коэффициент уплотнения грунта, $K=1,1$.

Для расчёта площади откосов земляного полотна можно использовать следующие формулы:

Для трапецевидных откосов:

$$S = b_{ср} \times L, \quad (59)$$

где L – длина откоса,

$b_{ср}$ – средняя линия откоса.

$$b_{cp} = \sqrt{H^2 + (Hm)^2}, \quad (60)$$

Для треугольных откосов:

$$S = \frac{1}{2} * b_{cp} * L, \quad (61)$$

где L – длина откоса,

b_{cp} – средняя линия откоса.

При выполнении расчетов для сводной ведомости объемов работ следует иметь ввиду следующие обстоятельства:

- Объем работ по строительству дополнительных слоев оснований (песка, ПГС, щебня, шлака) принято рассчитывать в «м3». Остальные слои в дорожной одежде в «м2» (основание, покрытие).
- Показатели объемов работ по строительству оснований и покрытий включает площади укрепительных полос, т.к. они имеют конструкцию аналогичной конструкции дорожной одежды.

Для определения объемов работ необходимо предварительно начертить схему конструкции дорожной одежды и

р а с с ч и т а т ь р а з м е р ы г е о м е т р и ч е с к и х
э л е м е н т о в .

П о с л е н а х о ж д е н и я о б ъ е м о в
с о с т а в л я ю т с я в е д о м о с т и о б ъ е м о в р а б о т
п о з е м л я н о м у п о л о т н у и д о р о ж н о й о д е ж д е
в т а б л и ч н о й ф о р м е .

П р и м е р в е д о м о с т и и п р и м е р н ы й
п е р е ч е н ь р а б о т п р е д с т а в л е н в т а б л и ц а х
№.6 и №.7

Т а б л и ц а 6 - В е д о м о с т ь о б ъ ё м о в з е м л я н ы х
р а б о т

Наименование работ	Ед. измер.	Количество
1	2	3
Снятие растительного слоя грунта 1 группы бульдозером 96 кВ с перемещением в отвал на ____м	м ³	
Прикатка основания насыпи грунт ____группы толщиной 20см пневмокатками весом 25т	м ³	
Возведение насыпи из грунта ____ группы экскаваторами объемом ковша 0,65м ³ с погрузкой и перевозкой грунта из карьера на расстояние ____ км	м ³	
Уплотнение грунта ____группы пневмокатками весом 25т за 8 проходов по одному следу при толщине уплотняемого слоя 25см без полива водой	м ³	
Планировка верха и откосов насыпи механизированным способом в грунтах ____группы	м ³	
Разработка выемки из грунта ____группы экскаватором объемом ковша 0,65м ³ в пониженные места	м ³	
Разработка кюветов насыпи и выемки экскаваторами объемом ковша 0,25м ³	м ³	
Планировка верха и откосов выемки механизированным способом в грунтах ____группы	м ³	
Обратная надвижка растительного грунта ____ группы на откосы насыпи бульдозером мощн.96 кВт с погрузкой в автосамосвалы и транспортировкой до ____км	м ³	
Засев трав на откосах и полосе отвода толщиной ____ м	м ²	

Группа грунтов определяется по трудности разработки тем или иным механизмом. Данные необходимо взять из Приложения 1.1 ГЭСН81-02-Пр-2001.

Таблица 7 - Ведомость объемов работ по дорожной одежде

Наименование работ	Ед. измер.	Количество
1	2	3
Устройство подстилающего слоя ____ толщиной ____ м	м ³	
Устройство слоя основания из ____, толщиной ____ м	м ²	
Разлив битумной эмульсии ЭБДК Б расход 0.7 л/м ²	т	
Устройство верхнего слоя основания асфальтобетонной смеси ____, толщиной ____ м	м ²	
Разлив битумной эмульсии ЭБДК Б расход 0.3 л/м ²	т	
Устройство верхнего слоя покрытия из асфальтобетонной смеси ____, толщиной ____ м	м ²	
Устройство присыпных обочин из грунтов _ группы экскаваторами объемом ковша 0.65 м ³ с погрузкой и перевозкой из грунтового карьера на расстояние ____ км	м ³	
Уплотнение присыпных обочин пневмотрамбовками	м ³	
Укрепление обочин ____, толщиной ____ м	м ²	

3 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды является одной из важнейших и актуальных проблем. Она приобрела общегосударственное значение.

В данной главе необходимо рассмотреть вопросы, которые должны учитываться при проектировании дорог, негативные воздействия при строительстве автодорог и возможные меры по их исключению.

Экологический раздел проекта автомобильной дороги должен включать:

1. Анализ вариантов проложения трассы с точки зрения сохранения, нарушения или улучшения ландшафта местности, сохранения природного облика территории в районе строительства дороги.

2. Анализ вариантов обходов населенных пунктов с учетом перспектив их развития на расчетный срок, негативного влияния автотранспорта на жилые кварталы и близко расположенные садово-огородные участки жителей.
3. Анализ вариантов трассы с позиций условий жизни животных на прилегающей местности и в регионе проложения дороги; нарушения сезонных миграций животных (например, северных оленей и др.), создание помех ежедневным перемещениям (например, переходу копытных животных через дорогу и т.п.).
4. Анализ условий стока поверхностных и грунтовых вод до начала строительства и прогноз вероятного изменения (нарушения) истока в период или после строительства дороги (транспортного сооружения).
5. Анализ вариантов проложения трассы по отношению к заповедникам, историческим и культурным памятникам (автомобильная должна их обходить на удалении, не меньшем ширины зоны влияния).
6. Определение источников поставки материалов для строительства; грунта (из резервов или карьеров), песка, щебня (из карьеров или с транспортных средств); мест расположения карьеров. Анализ влияния карьеров на ландшафт, флору, фауну и эстетический облик местности после окончания строительства и рекультивации карьеров. Способы рекультивации карьеров, предусмотренные проектом.
7. Оценку продольного и поперечного профилей земляка из условий зимнего содержания дороги: оценка снегозаносимости, условий образования гололеда, сдувания снега с проезжей части, т.е. из условия минимального расходования хлоридов зимой и минимизация засоления прилегающих к дороге земель.
8. Оценку эстетического облика снегозащитного и декоративного озеленения автомобильных дорог.
9. Оценку влияния строительства и эксплуатации автомобильной дороги на эрозионные процессы прилегающих к ней территорий, включая анализ достаточности укрепления отводящих русел малых искусственных сооружений, откосов насыпей и выемок (недопущение ветровой и водной эрозии, оползней), закрепления оврагов.

10. Обоснование необходимости строительства очистных сооружений на участках дорог с высоким уровнем загрязнена стекающей с дорожных покрытий (например, в пределах населенных пунктов, на площадках отдыха и в других местах).
11. Расчет вероятного загрязнения воздуха в районе проложения дороги (на бровке земляного полотна, в полосе отвода, на границах санитарнозащитных зон), загрязнения воды и почвы токсичными веществами отработавших газов автомобилей - на расчетной период.
12. Расчет вероятного уровня транспортного шума (на перспективу), выявление участков с недопустимым уровнем шума и анализ предусматриваемых шумозащитных сооружений.
13. Характеристику естественного (фоновое) загрязнения местности - до строительства автомобильной дороги - расчет ее уровня вероятного загрязнения для различных сроков службы (включая расчетный) и сравнение его с нормативными показателями (ПДК).
14. Частоту и условия пересечения заболоченных местностей. Следует иметь в виду, что болота представляют значительную ценность для сохранения естественной природы и регулирования стока поверхностных вод. Болота являются местом обитания многочисленных водоплавающих птиц, произрастания, многих специфических растений, местом обитания многих других животных. Они защищают прилегающие территории от наводнений в период сильных дождей или паводков, а летом - от засухи - в сухие сезоны. При выборе трассы дороги рекомендуется обходить болота, оставляя их нетронутыми.
15. Анализ влияния вариантов организации движения на уровень загрязнения окружающей среды. Состав отработавших газов автомобилей, их количество непосредственно связаны с режимом движения: количеством и продолжительностью снижения скорости (торможений), разгона, задержек, обусловленных частотой расположения и расстоянием между перекрестками способами и средствами организации и регулирования движения, наличием

неблагоприятных для движения мест (с поврежденными покрытиями проезжей части, съездами с дороги и др.).

Из сказанного следует, что с позиции минимизации экологического ущерба целесообразно предусматривать проектные решения, обеспечивающие постоянство скорости движения. Важным фактором обеспечения требуемой скорости движения является ровность поверхности проезжей части дороги. В свою очередь, ровность зависит от прочности (уровня капитальности) дорожной одежды и продолжительности ее эксплуатации. Следовательно, повышение капитальности дорожной одежды и категории дороги (увеличение ширины проезжей части, уменьшение продольных уклонов, увеличение радиусов горизонтальных и вертикальных кривых, расстояния виги и т.д.) являются эффективным способом уменьшения экологического ущерба от автомобильных дорог.

Оценка воздействия автомобильных дорог на окружающую среду должна проводиться на всех этапах проектирования, включая предпроектный (ТЭО). Рассматривается вероятный ущерб, наносимый природной среде, здоровью и условиям проживания населения включая социальные аспекты), условиям ведения хозяйства и развитию экономического потенциала территории. Для обоснований проектных решений рассчитывают количественные уровни загрязнения окружающей среды отработанными газами, твердыми выбросами, шумом, вибрацией, пылью износа дорожных покрытий и авральных шин, солями, применяемыми при борьбе с гололедом, другими воздействиями транспортных средств при расчетной интенсивности движения. Очевидно, что учет экологических требований может внести существенные коррективы в действующие нормы проектирования автомобильных дорог, а в ряде случаев, возможно, и в принципы проектирования (например, трассы дороги).

Заключение

В заключении к курсовому проекту нужно:

- Кратко повторить цель и задачи работы. Это позволит связать заключение с введением и показать, как автор шёл к решению исследовательской проблемы.
- Подвести итоги теоретической части. Нужно кратко описать, какие результаты были получены в ходе теоретического исследования: какие теоретические концепции и подходы были изучены, какие выводы сделаны на основе анализа литературы.
- Описать итоги практической части. Следует указать, что удалось выяснить в ходе практической части исследования: анализ данных, результаты эксперимента, проведённые расчёты и т.д.. Важно объяснить, как результаты практической части помогли проверить гипотезу или решить задачи работы.
- Объяснить соответствие результатов поставленным целям. Нужно кратко объяснить, как результаты исследования соответствуют поставленной цели и задачам. Следует подчеркнуть, что все задачи были выполнены и работа достигла своей цели.
- Описать практическую значимость. Важно подчеркнуть, насколько результаты могут быть полезны для других исследований, в конкретной сфере деятельности или в профессиональной практике.
- Указать перспективы для дальнейших исследований. В заключении можно указать на возможность дальнейшего изучения темы, если исследование выявило новые вопросы или интересные направления для будущих работ. 2
- Завершить заключение кратким выводом. Это может быть краткая фраза, утверждающая, что работа выполнена успешно.

Объём заключения в курсовой работе не должен превышать 1–3 страниц.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог.
2. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.
3. ГОСТ Р 71404-2024 Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования.
4. ГОСТ Р 21.1207-97 СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог.
5. ГОСТ 21.701-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог.
6. ГОСТ 21.302-2013. СПДС. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.
7. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
8. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования: Типовые материалы для проектирования. Серия 503-0-48.87.
9. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы.
10. СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги.
11. СП 131.13330.2020 Строительная климатология.
12. Красильщиков И.М. Проектирование автомобильных дорог: учебное пособие/ И.М.Красильщиков, Л.В.Елизаров. – М.:Транспортная компания, 2016. – 216 с.

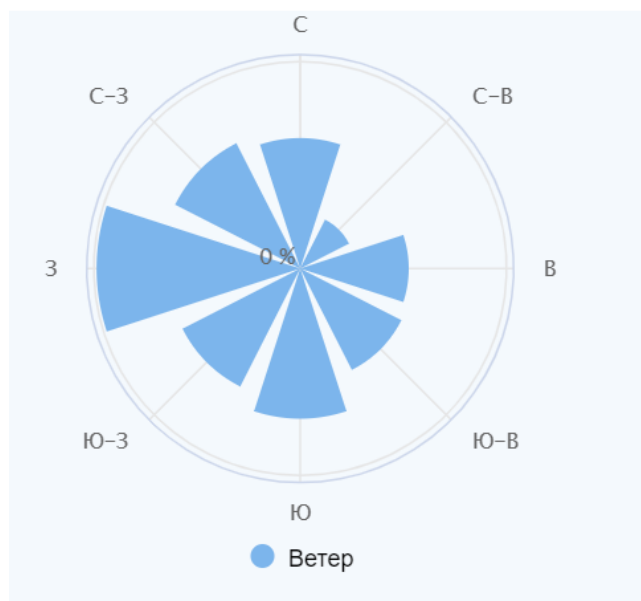


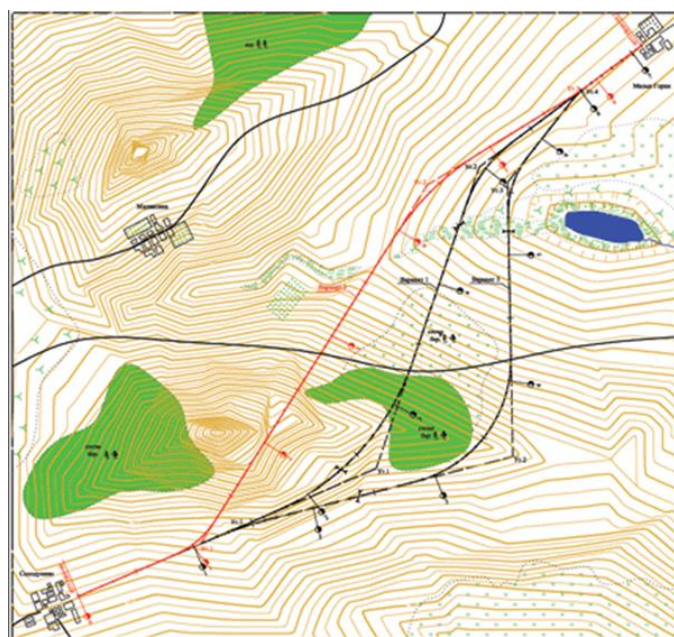
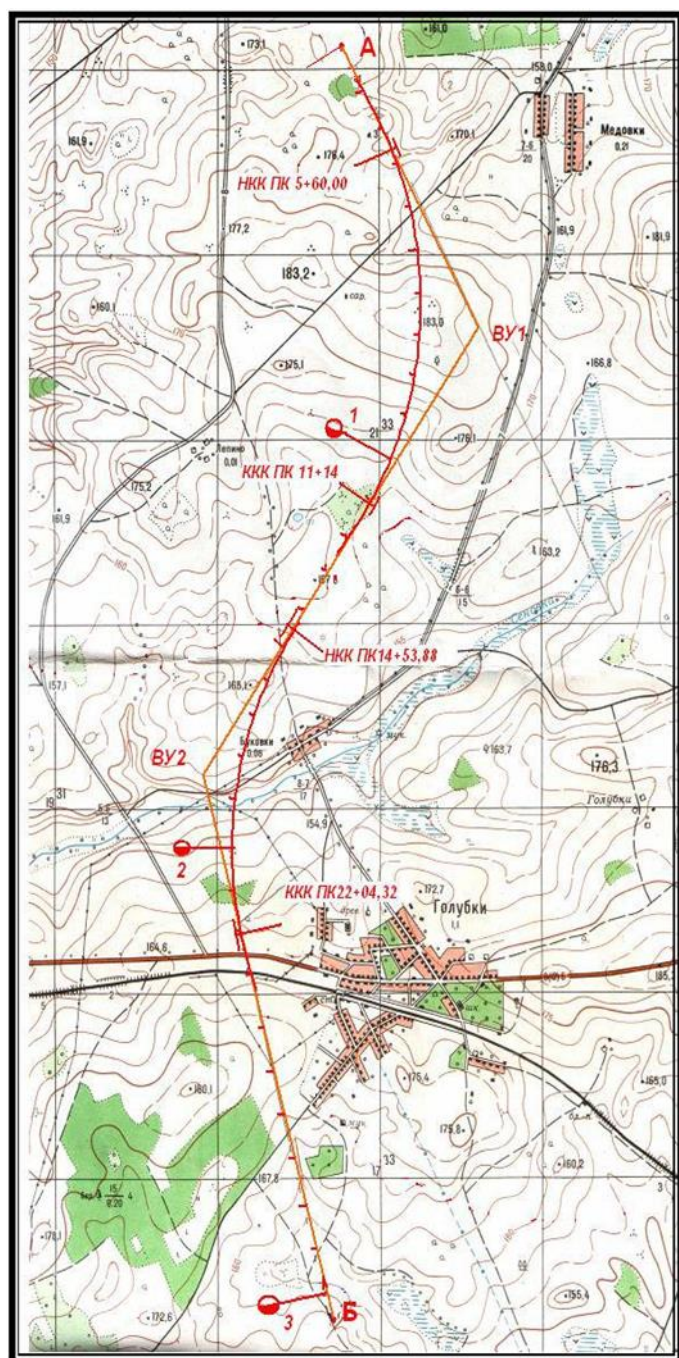
Рисунок 1 - Роза ветров

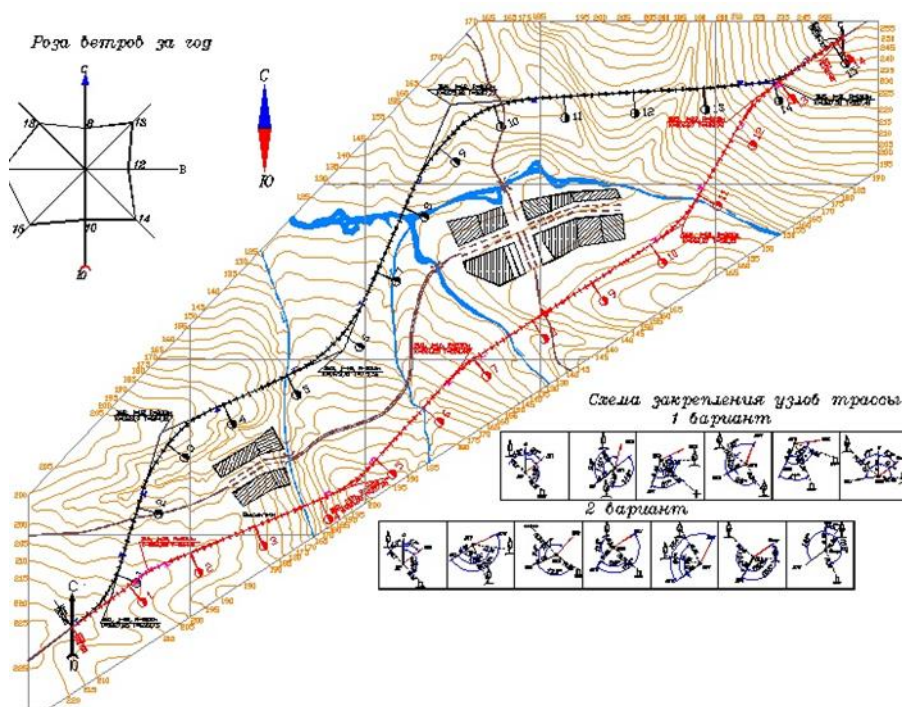
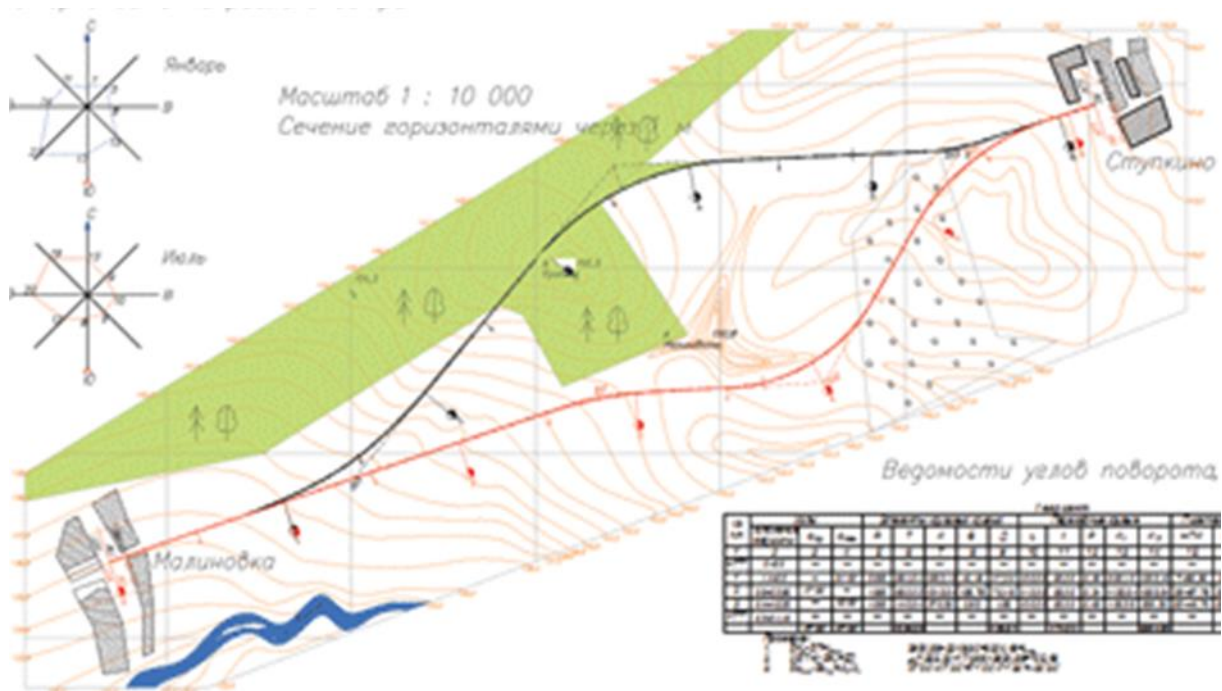
Таблица 1 - Средняя температура в регионе

Месяц	Средняя температура (С°)	Месяц	Средняя температура (С°)
Январь		Июль	
Февраль		Август	
Март		Сентябрь	
Апрель		Октябрь	
Май		Ноябрь	
Июнь		Декабрь	

План трассы А - Б

М 1 : 10 000

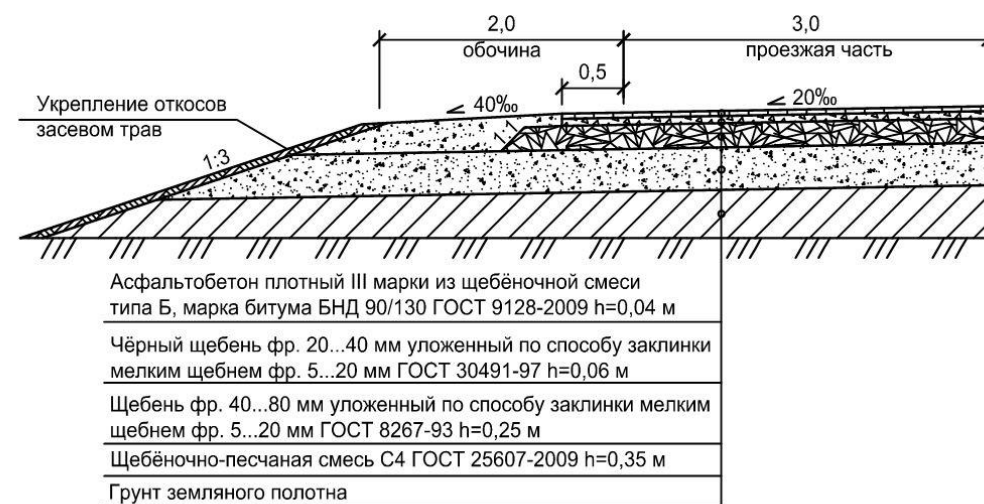
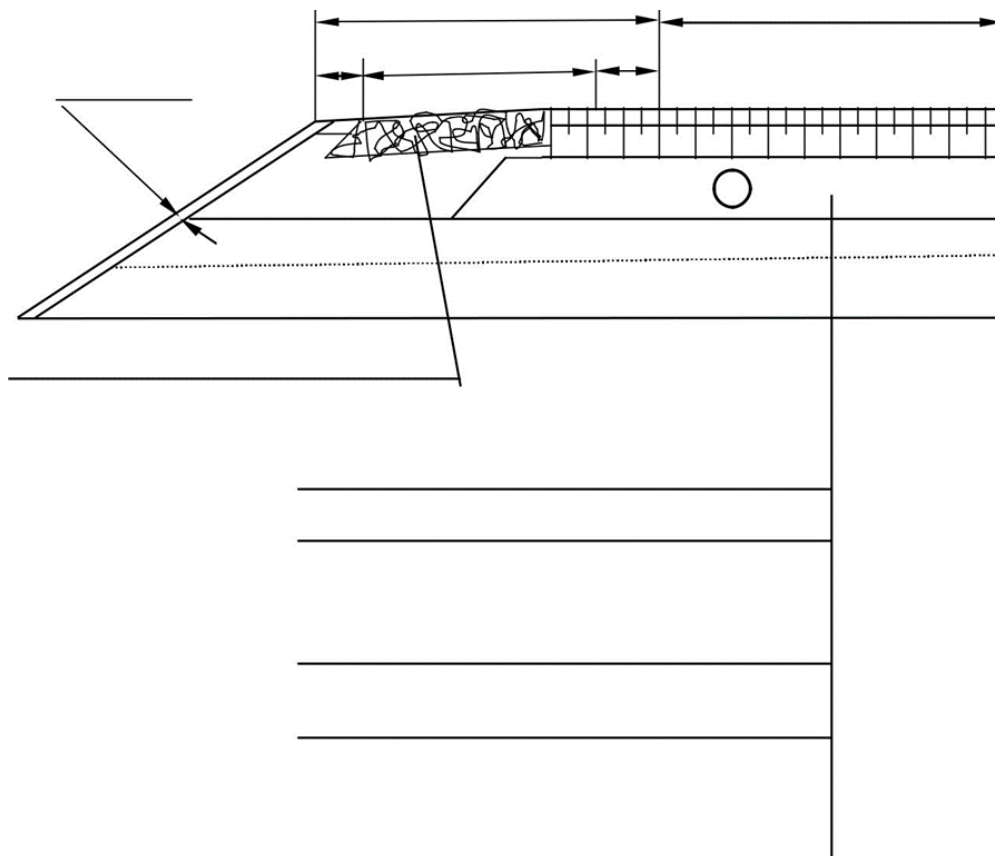




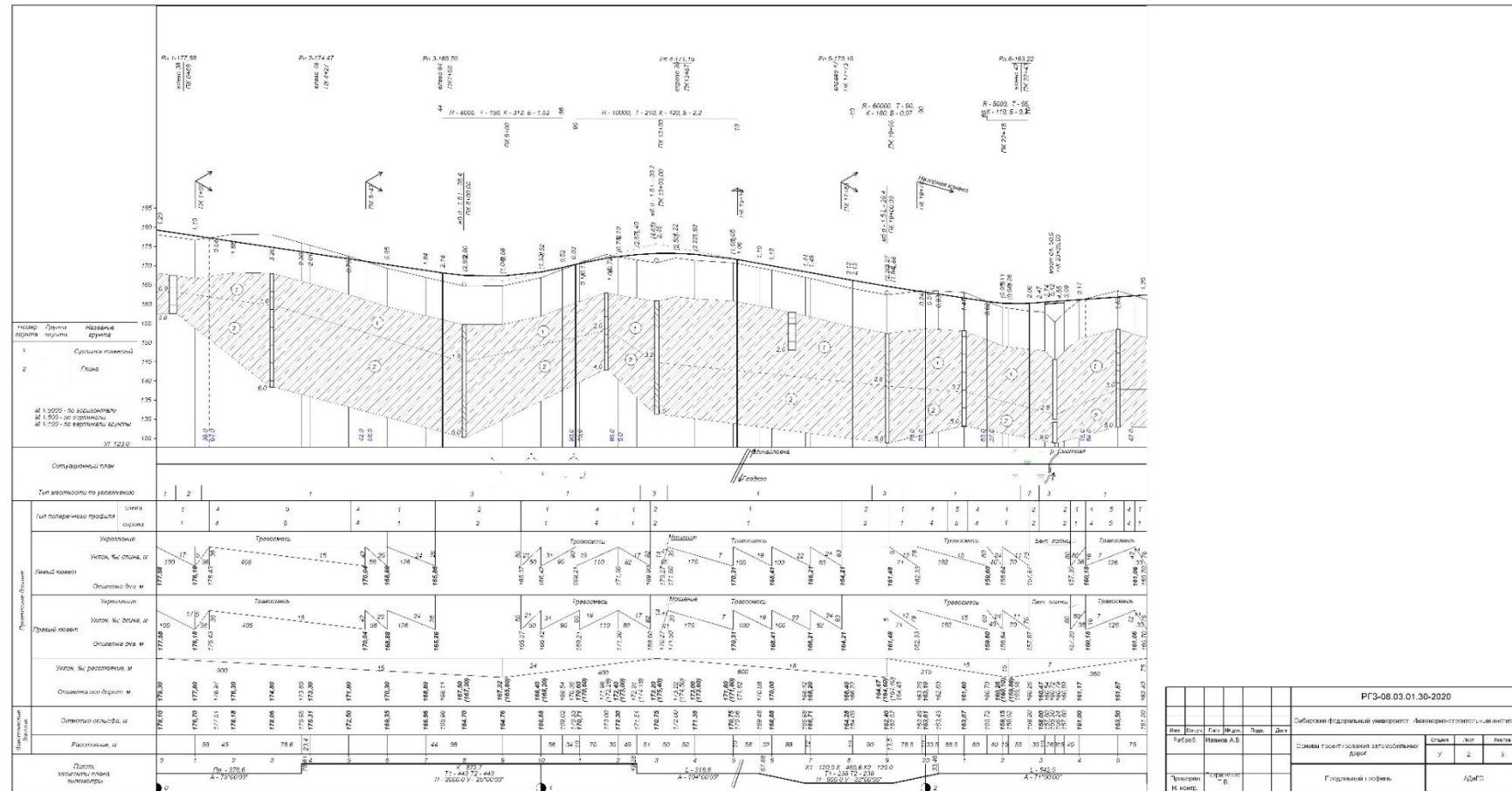
Ведомость углов поворотов, прямых и кривых

№ п/п	Вершина угла, ПК	Угол поворота		Элементы кривой, м					Пикет кривых		Прямые, м	
		Л	П	R	К	Т	Б	Д	НК	КК	прям. вставка	рас- ие м/у верш. углов
1 вариант												
НТ												
1												
2												
КТ												
2 вариант												
НТ												
1												
2												
КТ												

Дорожная одежда



Продольный профиль



Поперечные профили

