

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра «Автомобильные дороги»

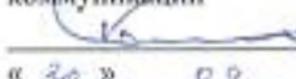
СОГЛАСОВАНО

И.о. заведующего кафедрой  
«Автомобильные дороги»

 Е.П. Ходан  
« 30 » 09 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета транспортных  
коммуникаций

 С.Е. Кравченко  
« 30 » 09 2024 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по учебной дисциплине

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ**

для специальности

7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций».

Профилизация «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»

Составитель: Мытько Л.Р.

Рассмотрено и рекомендовано к государственной регистрации на  
заседании совета факультета транспортных коммуникаций

« 30 » 09 2024 г. Протокол № 1

МИНСК - БНТУ - 2024

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

## **ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	3
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	108
Перечень практических занятий - 3 семестр.....	108
Перечень практических занятий - 4 семестр.....	124
ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ.....	146
РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	148
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	150

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

### **Цели ЭУМК:**

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизация «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» по дисциплине «Автомобильные дороги»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК:**

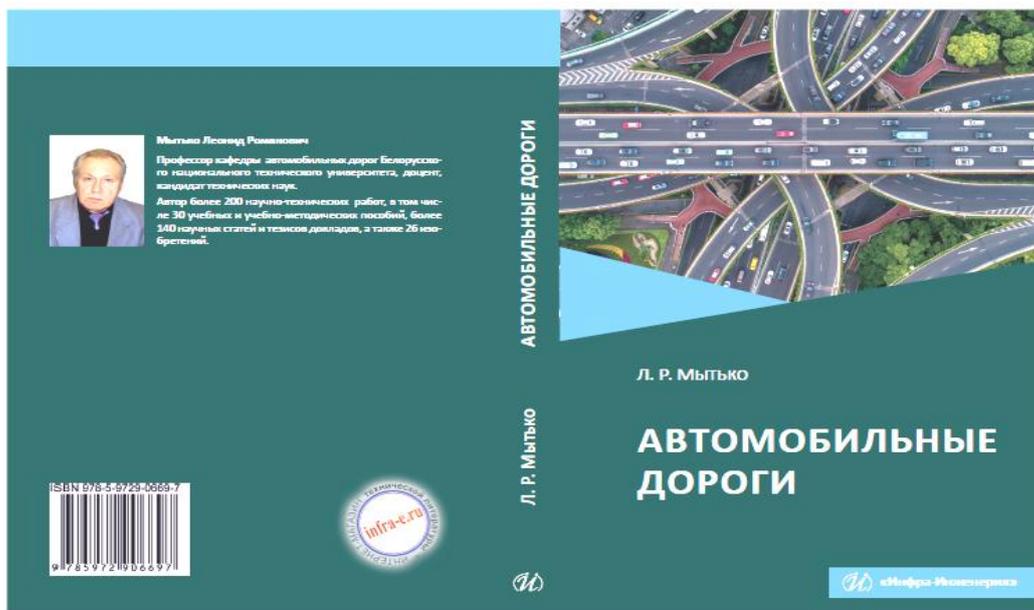
Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

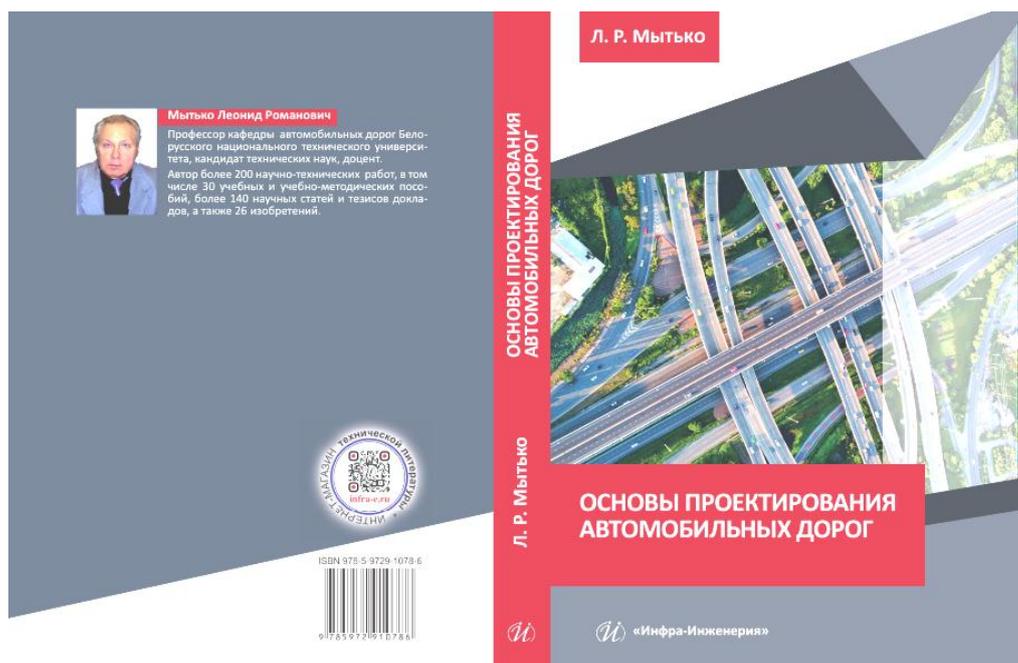
## Конспект лекций по дисциплине «Автомобильные дороги»

Конспект лекций по дисциплине «Автомобильные дороги» приведен в учебном пособии «Автомобильные дороги», которое можно взять в библиотеке БНТУ или приобрести в интернет-магазине технической литературы [infra-e.ru](http://infra-e.ru).

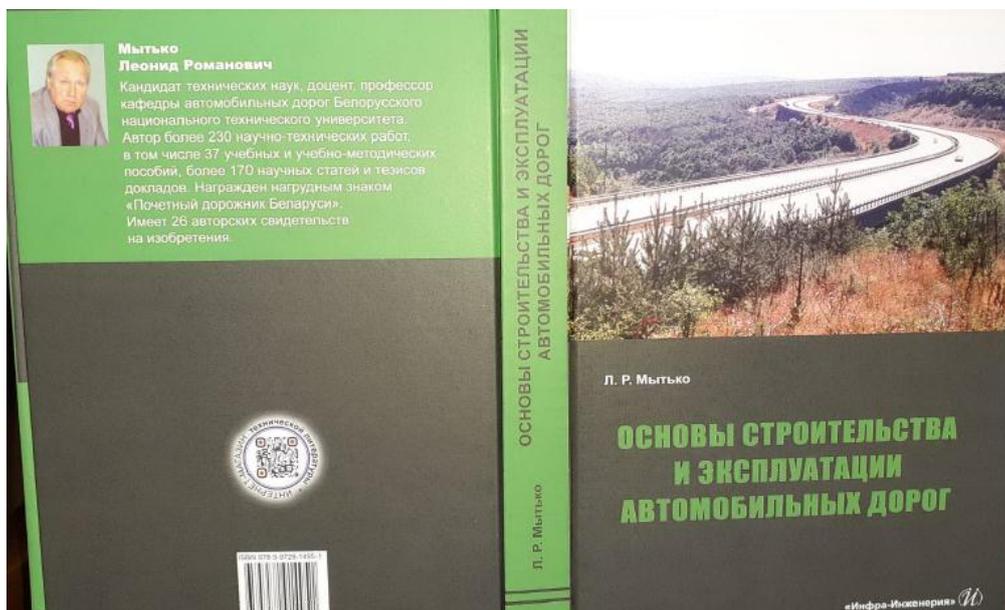
E-mail: [booking@infra-e.ru](mailto:booking@infra-e.ru)



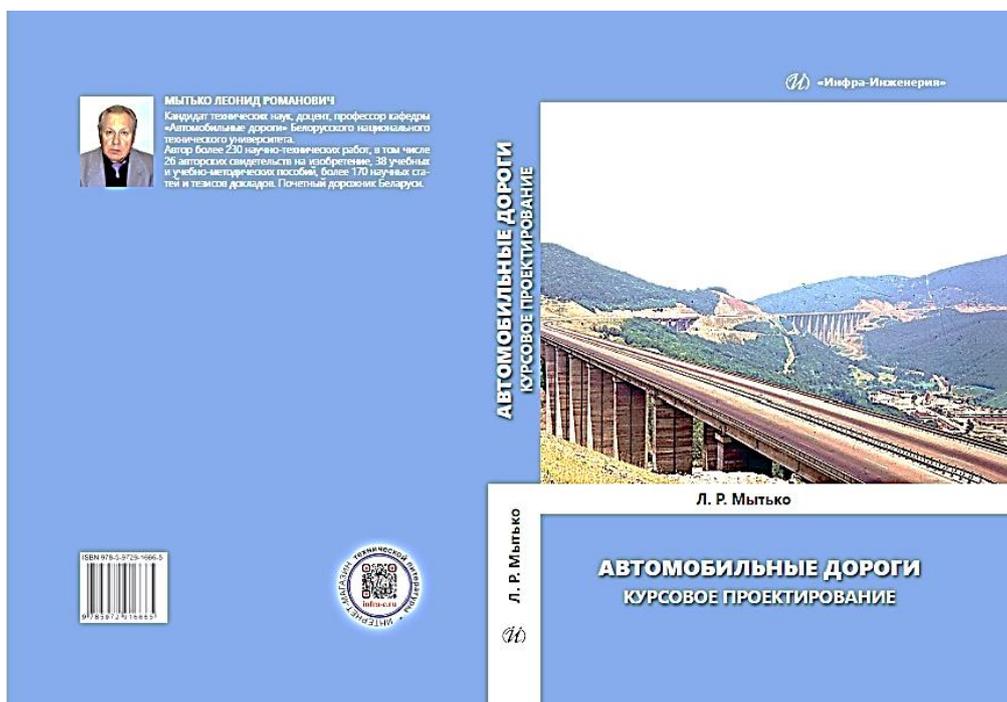
Подробный конспект лекций по разделу «Основы проектирования автомобильных дорог» приведен в учебном пособии «Основы проектирования автомобильных дорог».



Подробный конспект лекций по разделу «Основы строительства и содержания автомобильных дорог» дан в учебном пособии «Основы строительства и эксплуатации автомобильных дорог».

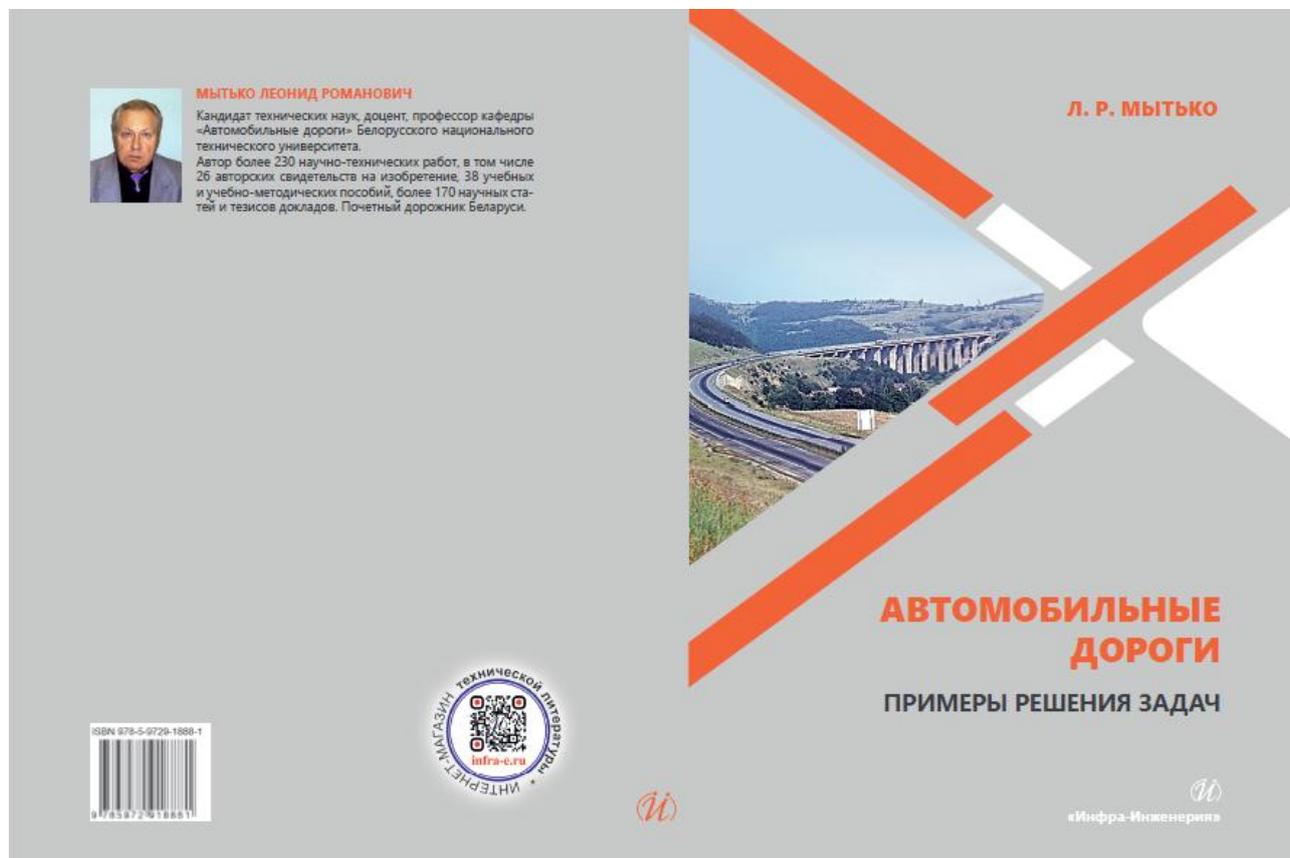


Методические рекомендации выполнения курсовой работы по теме «Проектирование, строительство и содержание участка автомобильной дороги» приведены в учебном пособии «Автомобильные дороги. Курсовое проектирование», в котором, изложена последовательность выполнения отдельных разделов курсовой работы, предложена структура пояснительной записки, даны рекомендации по ее оформлению.



Варианты задач и примеры их решения по вопросам проектирования, строительства и содержания автомобильных дорог приведены в учебном пособии «Автомобильные дороги. Примеры решения задач».

Все перечисленные выше учебные пособия можно приобрести в интернет-магазине технической литературы [infra-e.ru](http://infra-e.ru). **E-mail:** [booking@infra-e.ru](mailto:booking@infra-e.ru)



## РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Тема 1.1** ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

**Тема 1.2.** КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Тема 1.3.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАКРУГЛЕНИЯ ПО КРУГОВОЙ КРИВОЙ.

**Тема 1.4.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.

**Тема 1.5.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ.

**Тема 1.6.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ

**Тема 1.7.** ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ.

**Тема 1.8** РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.

**Тема 1.9** ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ.

## РАЗДЕЛ II. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

**Тема 2.1** ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Тема 2.2** ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.

**Тема 2.3** ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ.

**Тема 2.4** ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА БУЛЬДОЗЕРОМ.

**Тема 2.5** ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА СКРЕПЕРОМ.

**Тема 2.6** ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЭКСКАВАТОРОМ.

**Тема 2.7** ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.

**Тема 2.8** ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

## РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### **Тема 1.1 РОЛЬ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПЛАНЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-МОСТОВИКОВ**

*Объем учебных занятий и самостоятельной работы. Виды занятий. Содержание учебной программы. Требования к знаниям основных положений дисциплины. Рекомендуемая литература. Методические рекомендации по изучению дисциплины.*

ЭУМК по учебной дисциплине «Автомобильные дороги» разработан для специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций», профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

Согласно учебному плану для очной формы получения высшего образования по специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» на изучение учебной дисциплины отведено всего 220 ч., из них аудиторных – 68 ч. На выполнение курсовой работы отведено 40 часов самостоятельной работы.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Очная (дневная) форма получения высшего образования						
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации	Форма промежуточной аттестации
2	3	18		16	опрос	зачет
2	4	16		18	опрос	защита курсовой работы. Экзамен

Целью изучения учебной дисциплины является:

- формирование и развитие профессиональной компетентности, позволяющей на основании профессиональных знаний и умений решать задачи в сфере строительства транспортных коммуникаций;
- формирование профессиональной компетентности для работы в проектных, строительных и эксплуатационных организациях дорожно-мостового профиля, а также в сфере дорожно-строительной индустрии.

Основными задачами дисциплины является формирование у студентов представления об автомобильной дороге как объекте проектирования и строительства, об элементах дороги и дорожных сооружениях, о требованиях обеспечения удобного, экономического и безопасного движения автомобильного транспорта, об основах процесса строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Математика», «Информатика», «Инженерная геодезия», «Инженерная геология и механика грунтов», «Строительные материалы».

С целью активизации познавательной деятельности студентов следует широко использовать методы, способствующие более качественному и полному пониманию и усвоению учебного материала. Теоретические лекционные занятия необходимо чередовать с практическими занятиями, а также с управляемой самостоятельной работой студентов при выполнении ими курсовой работы.

При проведении занятий рекомендуется использовать информационные технологии, наглядные пособия, макеты и различные педагогические приемы. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, международную систему измерений СИ.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

**знать:**

- общие сведения о видах транспорта и транспортных коммуникаций;
- объекты инфраструктуры, включая системы обслуживания транспортных коммуникаций, их проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт и содержание;
- методы трассирования, проектирования плана и продольного профиля автомобильных дорог;
- принципы и методы обоснования геометрических элементов дорог;
- принципы назначения параметров и решения вопросов поверхностного водоотвода;
- основы технических изысканий транспортных коммуникаций;

**уметь:**

- обосновать оптимальное размещение транспортных сооружений и объектов транспортной инфраструктуры с учетом требований технической и экологической безопасности;
- пользоваться методами проектирования дорог и их элементов (земляного полотна, дорожных одежд);

- обосновать выбор технологии, организации, механизации и автоматизации работ по строительству, реконструкции и эксплуатации дорог.
- обосновать размеры водопропускных сооружений;
- осуществлять выбор и параметры расчетных нагрузок;
- разрабатывать технологические карты на производство работ;
- рассчитывать потребные ресурсы.
- **иметь навык:**
- решения технических задач;
- разработки проектов организации строительства автомобильных дорог.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

СК-8. Применять современные методы для проектирования и строительства автомобильных дорог.

Задачи и состав работ - оценка технического состояния автомобильных дорог; учет воздействия транспортных потоков и погодно-климатических факторов на дорожные сооружения; определение транспортно-эксплуатационных характеристик; установление степени дефектности и причин их возникновения, работы по повышению качества автомобильных дорог, эффективности работы автомобильного транспорта и безопасности движения на автомобильных дорогах.

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная литература**

1. Мытько Л.Р., Автомобильные дороги. – М.: Инфра – Инженерия, 2021.- 344с.
2. Мытько Л.Р., Основы проектирования автомобильных дорог. – М.: Инфра – Инженерия, 2022.- 308с.
3. Мытько Л.Р. Проектирование участка автомобильной дороги: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автомобильные и железные дороги» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Минск: БНТУ, 2018. - 117с
4. Мытько Л.Р. Основы строительства и эксплуатации автомобильных дорог. – М.: Инфра – Инженерия, 2023.- 368с.
5. Мытько Л.Р. Автомобильные и железные дороги: пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Минск: БНТУ, 2019. - 120с.
6. Мытько Л.Р. Автомобильные дороги. Курсовое проектирование– М.: Инфра – Инженерия, 2024.- 304с.
7. Мытько Л.Р. Автомобильные дороги. Примеры решения задач – М.: Инфра – Инженерия, 2024.- 304с.
8. Мытько Л.Р. Зимнее содержание автомобильных дорог. – М.: Инфра – Инженерия, 2022.- 324с.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги. Строительные нормы, Мн. 2019. – 55 с.
2. Бабков, В.Ф., Проектирование автомобильных дорог. Ч.1. / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. - М.: «Транспорт», 1987. – 368с.
3. ТКП 200-2018 (33200). Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 84с.
4. ТКП 45-3.03-112-2008 (02250). Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 42с.
5. Яцевич, И.К. Проектирование автомобильных дорог. Методические указания по выполнению курсового проекта №1. / И.К. Яцевич, Е.И. Кононова. – Минск: БНТУ, 2010. – 97с.
6. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том 2. / А.П. Васильев. – М.: Информавтодор, 2004. – 1129с.

### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям.
- участие в научно-исследовательской работе;
- составление тематической подборки литературных источников.

### **Тема 1.2 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Дорожная сеть республики Беларусь. Автомобильные дороги общего пользования и необщего пользования (ведомственные). Республиканские автомобильные дороги. Республиканские скоростные автомобильные дороги. Местные автомобильные дороги. Перечень трансъевропейских коридоров. Протяженность их по Республике Беларусь. Схема трансъевропейских коридоров.*

Автомобильная дорога – комплексное сооружение, предназначенное для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, а также земельные

участки, предоставленные для размещения объектов, входящих в состав этого сооружения.

Дорожную сеть республики подразделяют на автомобильные дороги общего пользования и необщего пользования (ведомственные).

Автомобильная дорога общего пользования предназначена для использования любыми лицами с учетом требований установленных законодательством Республики Беларусь.



Рисунок 1 – Протяженность автомобильных дорог

Автомобильная дорога необщего пользования предназначена для использования в порядке, определяемом её владельцем с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь (дороги для внутрихозяйственных и технологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач и других коммуникации и сооружений, а также служебные автодороги к гидротехническим и иным сооружениям).

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь на 1 января 2024 года составляет более 87 тыс. км.

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от функционального назначения подразделяются на республиканские (около 16 тыс. км) – 18% и местные (свыше 71 тыс. км) - 82%.

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

- столицы Республики Беларусь - города Минска с административными центрами областей, Национальным аэропортом «Минск»;
- административных центров областей между собой;
- административных центров областей с аэропортами, находящимися вне их городской черты, и административными центрами районов;
- административных центров районов между собой по одному из направлений;
- городов областного подчинения с административным центром области, на территории которой эти города расположены;
- железнодорожных станций (внеклассных и I класса), расположенных вне городов, пунктов пропуска через Государственную границу Республики Беларусь, а также иных объектов, имеющих государственное значение, с республиканскими автомобильными дорогами.

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

- административных центров сельсоветов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов с административными центрами районов, на территории которых они расположены, а также городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков между собой и с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами и пристанями, находящимися вне городской черты;
- мест массового отдыха, туризма, спортивных комплексов, курортов, парков, больниц, школ-интернатов, домов отдыха, оздоровительных лагерей, кладбищ, исторических памятников, памятников природы и культуры с административными центрами областей и районов, на территории которых находятся эти объекты, а также с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами, пристанями и республиканскими автомобильными дорогами;
- административных центров сельсоветов между собой, сельских населенных пунктов (в том числе дороги, проходящие по территории этих населенных пунктов) с автомобильными дорогами общего пользования;
- районов индивидуального жилищного строительства, расположенных в сельской местности (включая основные проезды по данным районам), и

садоводческих товариществ с автомобильными дорогами общего пользования

Республиканские автомобильные дороги подразделяют на скоростные, обозначенные на дорожных знаках литерой **М** (М1 – М15). Их протяженность составляет около 1000 км. Остальные республиканские автомобильные дороги обозначены на дорожных знаках литерой **Р** (Р1 - Р150). Местные автомобильные дороги обозначают на дорожных знаках литерой **Н**.

В эксплуатации находятся следующие скоростные дороги, обозначенные на дорожных знаках литерой **М**:

М1/Е30 – Брест (Козловичи) – Минск – граница Российской Федерации (Редьки).

М-2 – Минск – Национальный аэропорт Минск.

М-3 – Минск – Витебск

М-4 – Минск – Могилев

М-5 – Минск – Гомель

М-6 – Минск – Гродно

М-7/Е28 – Ошмяны – до границ Литовской Республики (Каменный Лог)

М-8/Е95 – граница Украины (Новая Гута) – Гомель – Могилев – Витебск – граница Российской Федерации (Езерище).

М-9 – Кольцевая дорога вокруг г. Минска

М-10 – Кобрин – Калинковичи – Гомель - граница Российской Федерации (Селище).

М-11/Е85 – Ивацевичи – Слоним - Лида – граница Литовской Республики (Бенякони)

М-12 – Кобрин - граница Украины (Мокраны).

М-14 - Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Минска. (МКАД -2)

М-15 – Кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Могилев.

Среди развитых в дорожном отношении стран Республика Беларусь занимает достойное место по плотности автомобильных дорог общего пользования на 1000 км<sup>2</sup> территории.

Плотность автомобильных дорог в Германии составляет – 1800 км, в Польше – 1350 км, в Литве - 1320км, в Латвии - 910км, в Беларуси - 420км, в Украине - 290км, в России - 90км. Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием - около 74 тыс. км, что составляет 86% от общей протяженности дорог. Протяженность цементобетонных покрытий – около 2000 км, что составляет 2% от общей протяженности дорог.

Автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием составляют более 45 тыс. км (53%). Протяженность гравийных дорог - около 27 тыс. км (31%). Протяженность грунтовых дорог - более 11 тыс. км (14%) от общей протяженности дорог.

### **Трансъевропейские коридоры**

В соответствии с решением рабочей группы Комиссии Европейских сообществ по развитию транспортных коридоров (Брюссель, 1993г.) в трансъевропейские коридоры II и IX (Критские коридоры) включены следующие автомобильные дороги Республики Беларусь.

- 1) Критский транспортный коридор II проходит по направлению Запад – Восток: Берлин - Варшава – Минск – Москва - Нижний Новгород и далее на восток Российской Федерации. По территории республики Беларусь его протяженность составляет 610 км по автомагистрали М-1/Е30 Брест (Козловичи)- Минск- граница Российской Федерации (Редьки), км 0-км 610.
- 2) Критский транспортный коридор IX проходит по направлению Север-Юг: Стокгольм – Хельсинки - Санкт-Петербург – Витебск - Могилев- Гомель - Киев – Одесса – Кишинев – Бухарест - Пловдив. По территории Беларуси его протяженность составляет 456 км по автомагистрали М-8/Е95 граница Российской Федерации (Езереще) –Витебск- Гомель –граница Украины (Новая Гута).
- 3) Ответвление критского транспортного коридора IXВ протяженностью 468 км по направлению: Гомель - Минск – Вильнюс – Клайпеда - Калининград. Проходит по территории Республика Беларусь по автомагистралям М-8/Е95 на участке Гомель –граница Украины (Новая Гута), М-5 Минск – Гомель, М-9 Кольцевая вокруг г. Минска, М-6 Минск – Гродно, М-7/Е28 Минск - Ошмяны - граница Литовской Республики (Каменный Лог).



Рисунок 1- Схема дорог трансевропейских коридоров II, IX и IXB

### Тема 1.3 КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Нормативные документы по классификации автомобильных дорог. Классы автомобильных дорог. Категории автомобильных дорог. Функциональное назначение автомобильных дорог. Область применения. Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения. Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения на косогоре. Основные элементы автомобильной дороги с многополосной проезжей частью.*

Классификация и основные параметры автомобильных дорог приведены в строительных нормах СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги.

До 2006 года при проектировании автомобильных дорог применяли подобный нормативный документ – СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги, а с 2006 по 2019 год - кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-19-2006.

Автомобильные дороги подразделяют на классы и категории.

**Класс автомобильной дороги** – характеристика автомобильной дороги по функциональному назначению, условиям доступа и обеспечиваемому уровню обслуживания автомобильной дороги.

По потребительским свойствам и условиям доступа на них транспортных средств автомобильные дороги подразделяют на следующие классы:

- автомагистрали;
- скоростные дороги;
- обычные дороги;
- дороги низших категорий.

К автомагистралям относят дороги, предназначенные для безопасного и бесперебойного движения транспортных потоков большой интенсивности с высокими скоростями на дальние расстояния, доступ на которые отдельным видам транспортных средств, пешеходам и велосипедистам запрещен, а также приняты меры по предотвращению попадания на дорогу диких и домашних животных.

К скоростным дорогам относят дороги, на которые возможен доступ через отдельные примыкания в одном уровне без пересечения транспортных потоков прямого направления, при условии соответствия другим требованиям, предъявляемым к автомагистралям.

К обычным дорогам относят дороги, предназначенные для пропуска транспортных потоков средней и малой интенсивности по проезжей части с одной или несколькими полосами движения, доступ на которые возможен с пересечений и примыканий в разных и одном уровнях.

К дорогам низших категорий относят местные дороги общего пользования, внутрихозяйственные и подъездные дороги сельскохозяйственных предприятий, по которым среднегодовая суточная интенсивность движения не превышает 100 ед/сут. Автомобильные дороги низших категорий следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-3.03-96.

Основные характеристики и параметры классификационных признаков, используемых при классификации дорог, приведены в (Табл. 1).

Таблица 1 - Классификация автомобильных дорог

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Наличие центральной разделительной полосы	Пересечения с другими транспортными коммуникациями		Доступ на дорогу с примыканий в одном уровне
			с автомобильными дорогами	с железными дорогами и трамвайными путями	
Автомагистраль	I-а	Обязательно	В разных уровнях		Разрешается без пересечения прямого направления движения
Скоростная дорога	I-б				
Обычная дорога	I-в	Обязательно	Разрешается в одном уровне с реализацией дополнительных мер по организации движения	В разных уровнях	
	II	Отсутствует			
	III				
	IV	В одном уровне	Разрешается в одном уровне	Разрешается	
	V				
Дорога низшей категории	VI-а VI-б	Отсутствует			

### Основные элементы автомобильной дороги

Автомобильная дорога – это комплекс инженерных сооружений включающий:

- земляное полотно;
- дорожную одежду;
- водопропускные трубы;
- мосты;
- путепроводы;
- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, дорожная разметка);
- инженерное оборудование и обустройство (дорожные ограждения, сигнальные столбики),
- защитные сооружения (снегозащитные и шумозащитные устройства);
- объекты дорожного сервиса.

Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения приведены на (Рис. 1).

Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения на косогоре приведены на (Рис. 2).

Поперечный профиль автомобильной дороги категорий Ia, Ib, Iv с многополосной проезжей частью приведен на (Рис. 3).

На многополосных автомобильных дорогах между проезжими частями встречных направлений для повышения безопасности движения устраивают разделительную полосу. На разделительной полосе для предотвращения разрушения кромки проезжей части предусматривают укрепленные полосы из материала покрытия. На обочине для аварийной остановки автомобилей устраивают остановочные полосы шириной 2,50 м.

В отдельных случаях для снижения стоимости строительства и предотвращения разрушения кромки проезжей части на обочинах многополосных автомобильных дорог устраивают укрепленные полосы шириной 0,5 м. из материала покрытия.

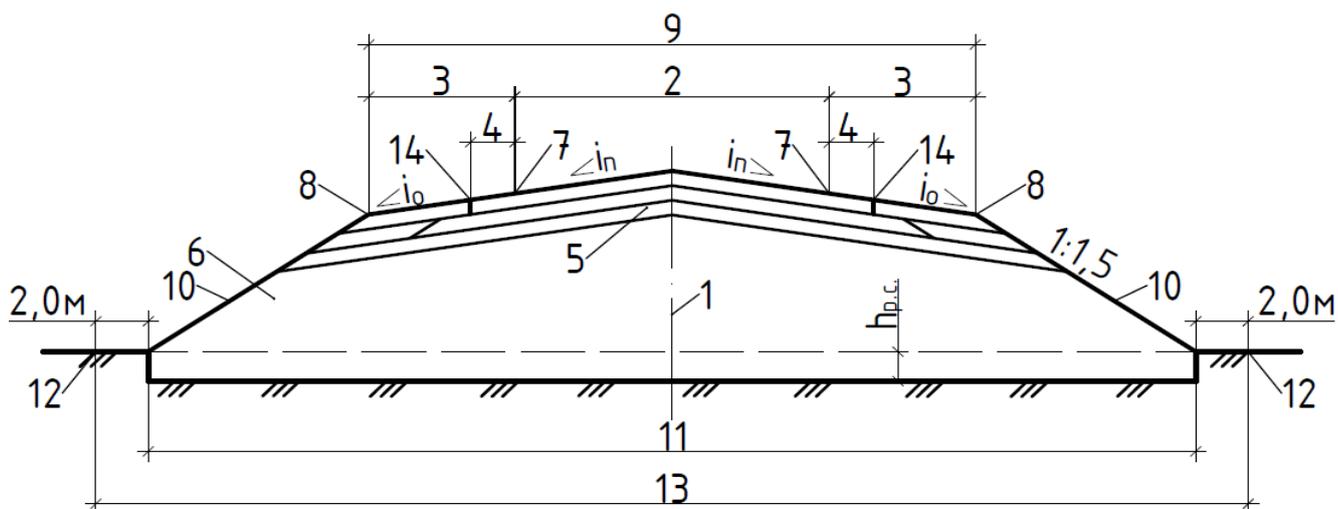


Рисунок 1 Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения:  
 1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – укрепленная полоса; 5 – дорожная одежда; 6 – земляное полотно; 7 – кромка проезжей части; 8 – бровка земляного полотна; 9 – ширина земляного полотна; 10 – откос насыпи; 11 – подошва насыпи; 12 – граница полосы отвода; 13 – полоса отвода; 14 – кромка укрепленной полосы.

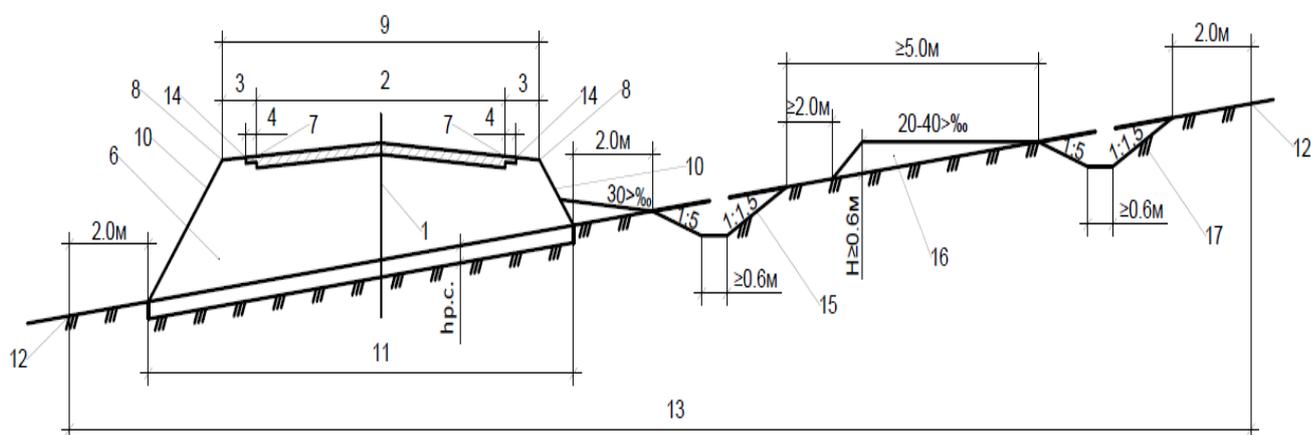


Рисунок 2 - Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения на косогоре:  
 1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – укрепленная полоса; 5 – дорожная одежда; 6 – земляное полотно; 7 – кромка проезжей части; 8 – бровка земляного полотна; 9 – ширина земляного полотна; 10 – откос насыпи; 11 – подошва насыпи; 12 – граница полосы отвода; 13 – полоса отвода; 14 – кромка укрепленной полосы; 15 – кювет (глубиной по расчету, но не менее 0,3м); 16 – банкет (высотой не более 0,6м); 17 – нагорная канава (глубиной по расчету, но не менее 0,6м).

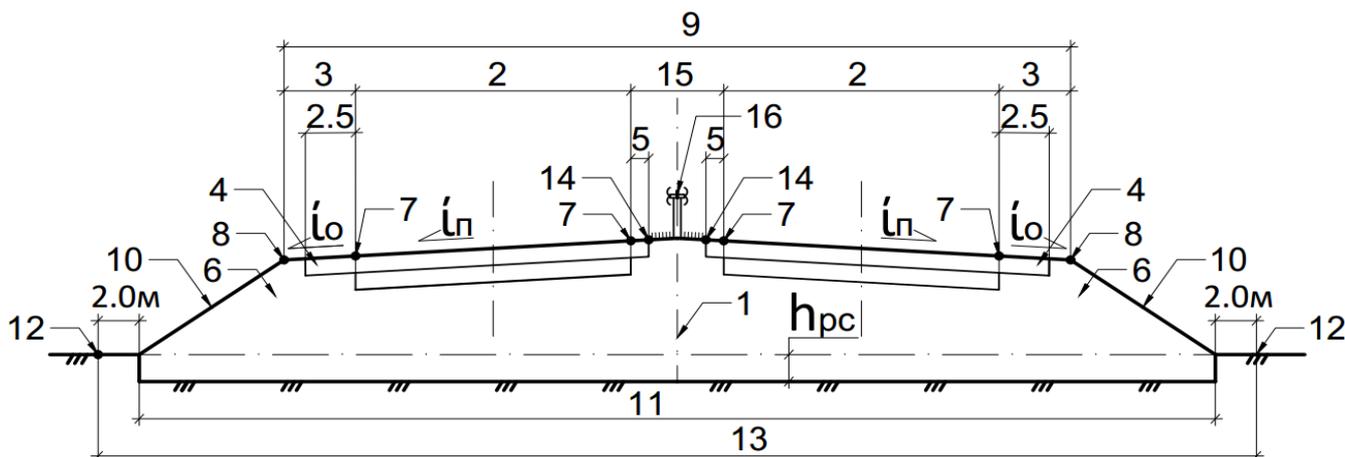


Рисунок 3 - Поперечный профиль автомобильной дороги с многополосной проезжей частью категорий 1а, 1б, 1в:

1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – остановочная полоса; 5 – укрепленная полоса; 6 – земляное полотно; 7 – кромка проезжей части; 8 – бровка земляного полотна; 9 – ширина земляного полотна; 10 – откос насыпи; 11 – подошва насыпи; 12 – граница полосы отвода; 13 – полоса отвода; 14 – кромка укрепленной полосы; 15 – разделительная полоса; 16 – дорожное ограждение.

Категория 1а – ширина полосы движения - 3,75м, ширина обочины - 3,5м, ширина укрепленной полосы - 0,75м.

Категория 1б, 1в – ширина полосы движения - 3,5м, ширина обочины - 3,0м, ширина укрепленной полосы - 0,50м.

## Тема 1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАКРУГЛЕНИЯ ПО КРУГОВОЙ КРИВОЙ

Расчетная скорость движения. Основные параметры поперечного профиля автомобильных дорог. Силы сопротивления движению автомобиля. Обоснование максимального продольного уклона автомобильной дороги. Требования к видимости на автомобильных дорогах. Силы, действующие на автомобиль, движущийся с постоянной скоростью по криволинейному участку дороги. Коэффициент поперечной силы. Рекомендуемый радиус кривизны закругления. Основные элементы виража. Обеспечение видимости проезжей части в ночное время. Основные параметры закругления по круговой кривой. Пикетное положение основных точек закругления. Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат. Переходные кривые. Основные параметры переходных кривых. Критерии назначения переходных кривых. Расчет параметров переходных кривых. Пикетное положение основных точек закругления с переходными кривыми

Автомобильные дороги должны обеспечивать возможность движения автомобилей с высокими скоростями движения. Их проектируют таким образом, чтобы автомобили могли реализовать свои динамические качества при нормальном режиме работы двигателя. Параметры элементов дорог назначают из условия, чтобы на поворотах и спусках автомобилю не грозили занос или опрокидывание, а подъемы автомобиль мог преодолевать, не снижая существенно скорость движения. Все элементы автомобильной дороги рассчитывают исходя из обеспечения безопасного движения одиночного автомобиля с расчетной скоростью.

**Расчетная скорость движения** – это скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части, исходя из которой определяются параметры элементов автомобильной дороги, необходимые по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. (ГОСТ 33100).

Нормальное условие сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части обеспечивается на чистой сухой поверхности, имеющей коэффициент продольного сцепления равный 0,6 при скорости 60 км/ч в летнее время года при температуре воздуха 20 С, относительной влажности 50%, метеорологической дальности видимости более 500 м, и атмосферном давлении 1013 Мпа (760 мм рт. ст.).

Другими словами, можно сказать, что расчетная скорость движения - это максимальная безопасная скорость, при которой одиночный автомобиль может преодолеть любой участок автомобильной дорог, в том числе на поворотах, подъемах и спусках при благоприятных погодных условиях и состоянии дорожного покрытия.

Для проектирования геометрических элементов автомобильных дорог (плана трассы, продольного и поперечного профилей) принимают следующие расчетные скорости движения, приведенные в (Табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные скорости движения

Категория автомобильной дороги	Расчетная скорость, км/ч
I-а	140
I-б	120
I-в	120
II	120
III	100
IV	90 (80)
V	60
VI-а	40
VI-б	30

Расчетную скорость разрешается уменьшать на 20 км/ч при возведении и реконструкции дорог для назначения геометрических элементов на отдельных участках, расположенных:

- на пересеченной местности с уклонами в пределах от 1:10 до 1:3 на протяжении не менее 500 м;
- в стесненных условиях;
- в случаях, когда проектирование по расчетным скоростям, приведенным в таблице 6.1, связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства.

Стесненные условия определяются наличием вдоль трассы дороги капитальных сооружений; лесных массивов; земель, занятых ценными сельскохозяйственными культурами и садами; важных инженерных коммуникаций (коридоров высоковольтных ЛЭП, магистральных трубопроводов), а также пойм судоходных рек, глубоких (более 5 м) болот, водоемов; природных территорий, подлежащих особой или специальной охране.

Расчетную скорость, км/ч, для дорог категории IV следует принимать:

- 90 — при капитальном или облегченном типе дорожной одежды;
- 80 — при переходном типе дорожной одежды.

Расчетную скорость 60 км/ч для дорог категории IV следует принимать в стесненных условиях или при расчетной интенсивности движения не более 500 ед/сут и переходном типе дорожной одежды.

Для расчета прочности дорожных одежд следует принимать нагрузку на одиночную наиболее нагруженную ось двухосного автомобиля, кН:

- 130 (группа А3) - для республиканских дорог при соответствующем технико-экономическом обосновании;
- 115 (группа А2) — для республиканских дорог категорий, I-a – IV;
- 100 (группа А1) — для республиканских дорог категории V и местных дорог.

Количество полос движения при возведении и реконструкции дорог категорий, I-a – I-в следует принимать при интенсивности движения, приведенных ед/сут:

- до 40 000 — четыре полосы;
- более 40 000 до 80 000 — шесть полос;
- более 80 000 — восемь полос.

Основные параметры поперечного профиля автомобильных дорог приведены в (Табл. 2).

Таблица 2 – Основные параметры поперечного профиля автомобильных дорог

№ п/п	Наименование параметров поперечного профиля	Значение параметра поперечного профиля для категории автомобильных дорог							
		I-а	I-б, I-в	II	III	IV	V	VI-а	VI-б
1	Количество полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	4	2	2	2	1	1
2	Ширина полос движения (м)	3,75	3,5	3,5	3,5	3,0	2,75	-	-
3	Ширина проезжей части (м)	7,5x2 11,25x2 15x2	7,0x2 10,5x2 14x2	14,0	7,0	6,0	5,5	4,5	3,0
4	Ширина обочины, в том числе: укрепленной полосы, (м) остановочной полосы (м)	3,75 0,75 2,5	3,0 0,5 2,5	2,5 0,5 -	2,5 0,5 -	2,0 0,5 -	1,25 - -	1,0 - -	0,75 - -
5	Наименьшая ширина разделительной полосы, в том числе: укрепленной полосы (м)	2+S 0,75	2 (1)*+S 0,5	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	Ширина земляного полотна (м)	24,5+S 32+S 39,5+S	22+S 29+S 36+S	19,0	12,0	10,0	8,0	6,5	4,5

\*В стесненных условиях ширина разделительной полосы должна быть не менее 1,0+S

Примечания

1. S – ширина ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе
2. При капитальном ремонте количество полос движения, ширина проезжей части и обочин должны сохраняться и соответствовать техническим характеристикам существующей категории автомобильной дороги.

Ширину полосы движения для дорог категорий I-б–III следует уменьшать до 3 м на участках устройства специальных направляющих островков для принудительного снижения скорости.

Остановочные полосы, представляющие собой часть обочины с дорожной одеждой капитального или облегченного типа, шириной 2,5 м предусматривают:

- на дорогах категории I-а;
- на дорогах категории I-б и I-в при расчетной интенсивности движения более 14 000 ед./сут на всем протяжении; при меньшей расчетной интенсивности движения - у съездов, на которых не предусматривается устройство переходно-скоростных полос, на расстоянии не менее 100 м в обе стороны от радиусов закругления съезда.
- на дорогах категорий II у съездов, на которых не предусматривается устройство переходно-скоростных полос, на расстоянии не менее 100 м в обе стороны от съезда.

Дополнительные полосы необходимо предусматривать в сторону подъема на отдельных участках двух полосных дорог III и IV категорий с расчетной интенсивностью движения более 1000 ед./сут:

- при продольном уклоне от 30‰ до 40‰ и протяженности подъема свыше 1 км;
- при продольном уклоне более 40‰ и протяженности подъема свыше 0,5 км.

Ширину дополнительной полосы движения принимают равной 3,5 м для дорог III категории и 3,00 м - для дорог IV категории на всем протяжении подъема. Протяженность дополнительной полосы за окончанием подъема следует принимать не менее 100 м при расчетной интенсивности движения в сторону подъема до 5000 ед./сут, при большей расчетной интенсивности - не менее 200 м. Окончанием подъема следует считать точку с продольным уклоном 10‰.

Ширина разделительной полосы на участках дорог, где в перспективе возможно увеличение числа полос проезжей части, а также в других случаях при соответствующем технико-экономическом обосновании, может быть увеличена. На разделительной полосе в этих случаях следует предусматривать устройство газона.

Допускается, в условиях реконструкции дороги при соответствующем технико-экономическом обосновании, не устраивать разделительные полосы на дорогах I-б и I-в категориях. Длина такого участка должна быть не менее 1 км.

При изменении ширины разделительной полосы отклонение кромки проезжей части в каждом направлении движения следует осуществлять с отгоном 1:80.

Ширина обочины, остающейся за пределами укрепленной полосы, в условиях реконструкции, при соответствующем технико-экономическом обосновании и разработке специальных мероприятий по организации и безопасности движения, может быть уменьшена на дорогах категорий I-б - II до 1,5 м, на дорогах категорий III и IV - до 1,0 м. При этом на дорогах категорий I-б - II не реже чем через 0,5 км, а на дорогах категории III не реже через 1 км, на обочине предусматривают площадки для аварийной остановки автомобилей с дорожной одеждой капитального или облегченного типа шириной 2,5 м, длиной достаточной для размещения прогнозируемого количества автомобилей, но не менее 25 м и отгонами уширения по 30 м.

Ширину обочин на участках переходно-скоростных полос и дополнительных полос на подъем допускается принимать, м:

- 1,5 м для дорог категорий I-б - II, при применении расчетной скорости 120 км/ч - для дорог категории I-а;
- 1,0 м - для дорог категорий III и IV.

Ширина земляного полотна на протяжении 10 м от начала и конца мостовых сооружений должна превышать расстояние между перилами не менее чем на 0,5 м с каждой стороны дороги. Переход к уширенному земляному полотну осуществляют длиной не менее 20 м с отгоном не круче 1:10.

Ширина обочины может быть увеличена при необходимости размещения барьерных ограждений, шумозащитных экранов, водоотводных сооружений или других элементов дороги.

На прямых участках дорог и на участках кривых в плане с радиусами, при которых не требуется устройство виража, проезжую часть следует предусматривать с двускатным поперечным профилем. Поперечные уклоны проезжей части для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, а также для покрытий, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими на двух полосных дорогах следует принимать от 20 до 25‰, на многополосных - 25‰, для гравийных, щебеночных покрытий и для мостовых от 30 до 40‰.

Поперечный уклон укрепленной полосы (остановочной полосы) обочины следует принимать равным уклону проезжей части. Поперечный уклон оставшейся части обочины и обочины гравийных, щебеночных покрытий следует принимать на 10-20‰ больше поперечного уклона проезжей части.

## Основы расчетов движения автомобилей по дорогам

Все элементы современной автомобильной дороги должны обеспечивать возможность безопасного движения автомобилей с расчетной скоростью. Чем выше интенсивность движения по дороге, тем большие взаимные помехи испытывают автомобили и скорость их движения снижается. Поэтому требования к отдельным элементам трасы дороги устанавливаются из условия движения по дороге одиночного автомобиля.

Фактический режим движения автомобиля по дороге определяется тремя факторами: эксплуатационными свойствами автомобилей, дорожными условиями, обеспечивающими возможность развить ту или иную скорость, и индивидуальными особенностями водителей, избирающих в зависимости от восприятия ими дорожных условий наиболее удобную для себя скорость.

Сила тяги, развиваемая двигателем на ведущих колесах автомобиля, расходуется на преодоление сил сопротивления движению. При движении на подъем на автомобиль действуют следующие силы (Рис.1.): сопротивление качению (трение качения)  $P_f$ , сопротивление движению на подъем  $P_i$ , сопротивление воздуха  $P_w$ , инерционные силы самого автомобиля и вращающихся масс его механизмов  $P_j$ , возникающие при изменении скорости движения.

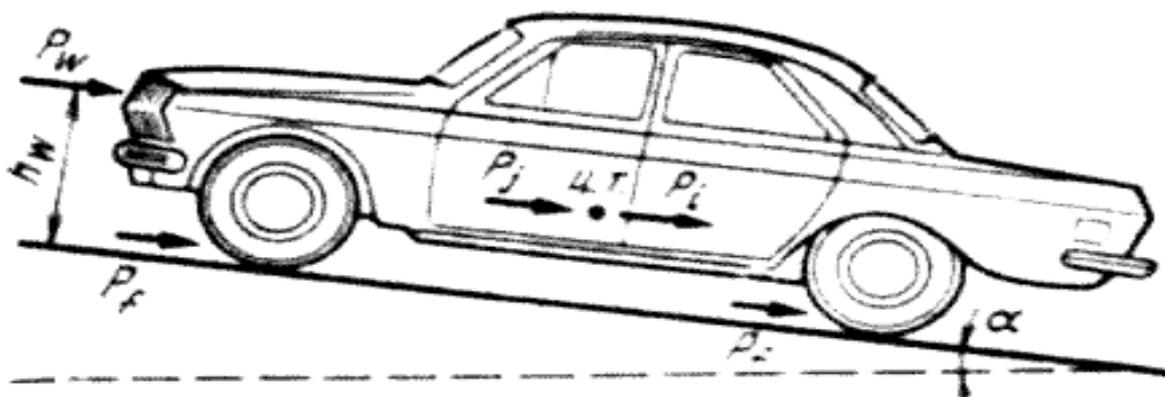


Рис. 1 – Силы сопротивления движению, действующие на автомобиль

**Сила сопротивления качению** складывается из сил трения, возникающих между поверхностью шины и дорожным покрытием, сил сопротивления неровностям и сил трения в подшипниках колес

$$P_f = f \cdot G, \text{ Н,}$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению; зависит от типа покрытия и скорости движения автомобиля;

$G$  – полный вес автомобиля, Н.

Сопротивление качению вызывается затратой энергии на деформацию шин и дороги. На ровных цементобетонных и асфальтобетонных покрытиях основным фактором, определяющим сопротивление качению, является обжатие шин. На менее ровных покрытиях (щебеночных, гравийных) добавляются наезды колёс на неровности покрытия. На грунтовых дорогах с мягкой поверхностью сопротивление создаётся затратой усилий на деформирование шины и грунта при образовании колеи.

Сопротивление качению зависит от ровности покрытия, скорости и эластичности шины. Однако при скорости движения ниже 50 км/ч сопротивление качению возрастает настолько медленно, что коэффициент сопротивления качению можно считать практически постоянным.

При скорости движения 50 км/ч коэффициент качения имеет следующие значения:

- асфальтобетонные и цементобетонные покрытия - 0,01 – 0,02;
- щебень, гравий, обработанный органическими вяжущими - 0,02 – 0,03;
- щебень, гравий. не обработанный вяжущими - 0,03 – 0,04;
- грунтовая дорога, ровная, сухая, плотная - 0,05 – 0,06;
- пашня - 0,15 – 0,20;
- переувлажненный грунт – 0,07 – 0,15
- заболоченный грунт, сыпучие пески - 0,15 – 0,30 и более

Для скорости более 50 км/ч коэффициент сопротивления качению определяют по формуле

$$f = f_{50}[1 + 0.01(v - 50)]$$

**Сила сопротивления воздуха** движению автомобиля вызывается следующими факторами: лобовым сопротивлением, которое обусловлено разностью давления воздуха спереди и сзади движущегося автомобиля; трением воздуха о боковую поверхность автомобиля и сопротивлением, создаваемым выступающими частями автомобиля – крыльями, зеркалами, номерными знаками и др.; затратой мощности на завихрение воздушных струй за автомобилем, около колес и под кузовом; сопротивлением воздуха, проходящего через радиатор и подкапотное пространство.

В результате неравномерного обтекания и образования завихрений давление воздуха на поверхность движущегося автомобиля неравномерно. Имеются зоны повышенного давления и разрежения (Рис.2).

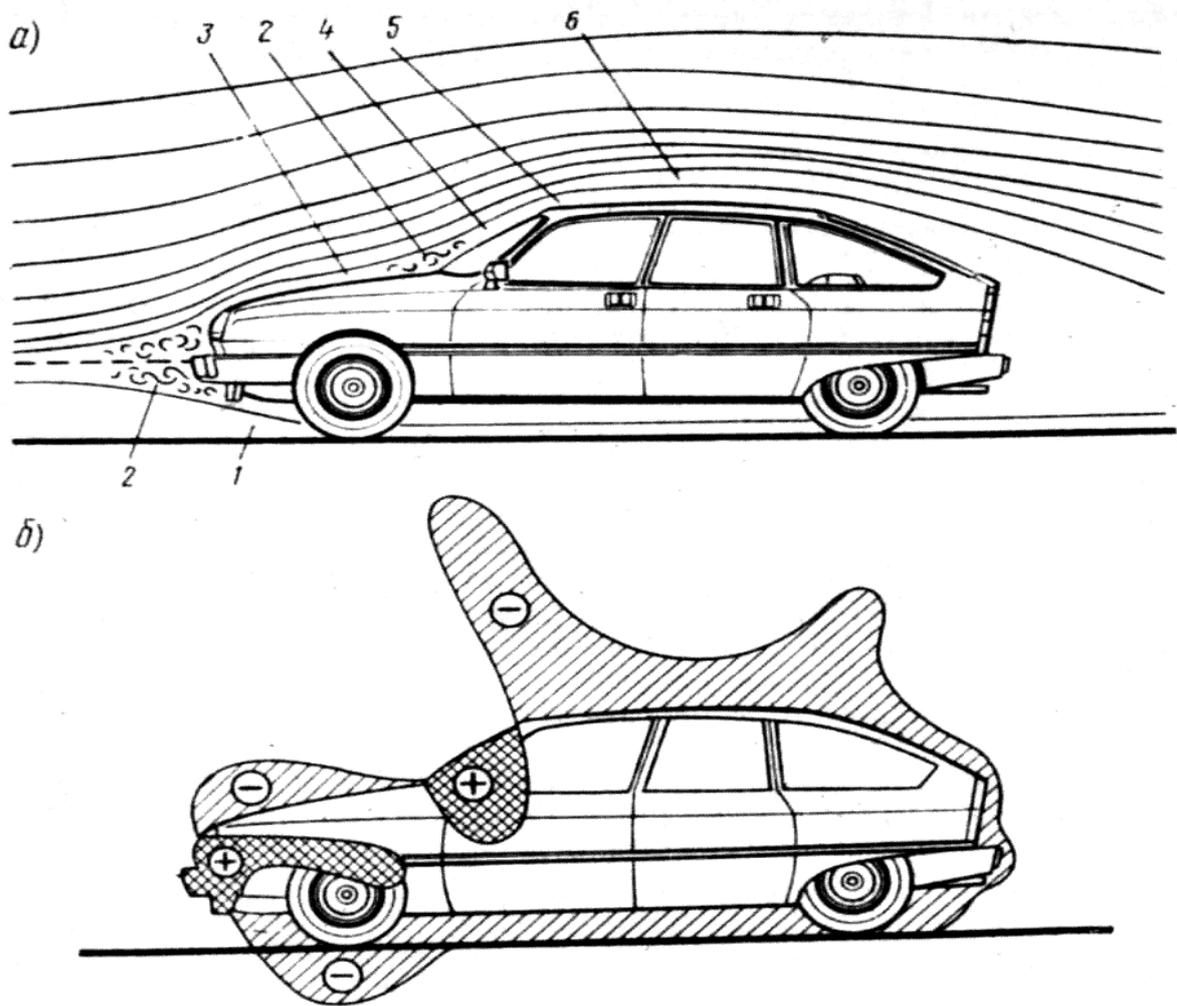


Рис.2 – Распределение давления воздуха на автомобиль: [ 5 ]

а - схема обтекания движущегося автомобиля воздухом; б - эпюра распределения давления; 1 – нижний поток воздуха; 2 – зоны повышенного давления; 3 – участок отрыва воздушных струй; 4 –прилипание воздушных струй; 5 – зона разрежения при большой скорости; 6 – верхний поток воздуха. (знаком «+» обозначены зоны повышенного давления; знаком «-» - зоны разрежения)

Сила сопротивления воздуха может быть определена по формуле

$$P_W = K F v^2 = K F V^2 / 13, H$$

где  $K$  – коэффициент сопротивления воздуха, учитывающий форму автомобиля; для легковых автомобилей 0,15 – 0,30, для автобусов 0,40 – 0,50, для грузовых – 0,55 – 0,60, для автопоездов 0.60 -0,80.

$F$  – фронтальная площадь поперечного сечения автомобиля, м;

$v$  – скорость движения автомобиля, м/с

$V$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

**Сила сопротивления подъему** создается в результате необходимости дополнительных затрат энергии на перемещение автомобиля по наклонной поверхности на некоторую высоту  $H$ . Схема сил, действующих на автомобиль на подъеме дороги с уклоном представлена на (Рис. 3).

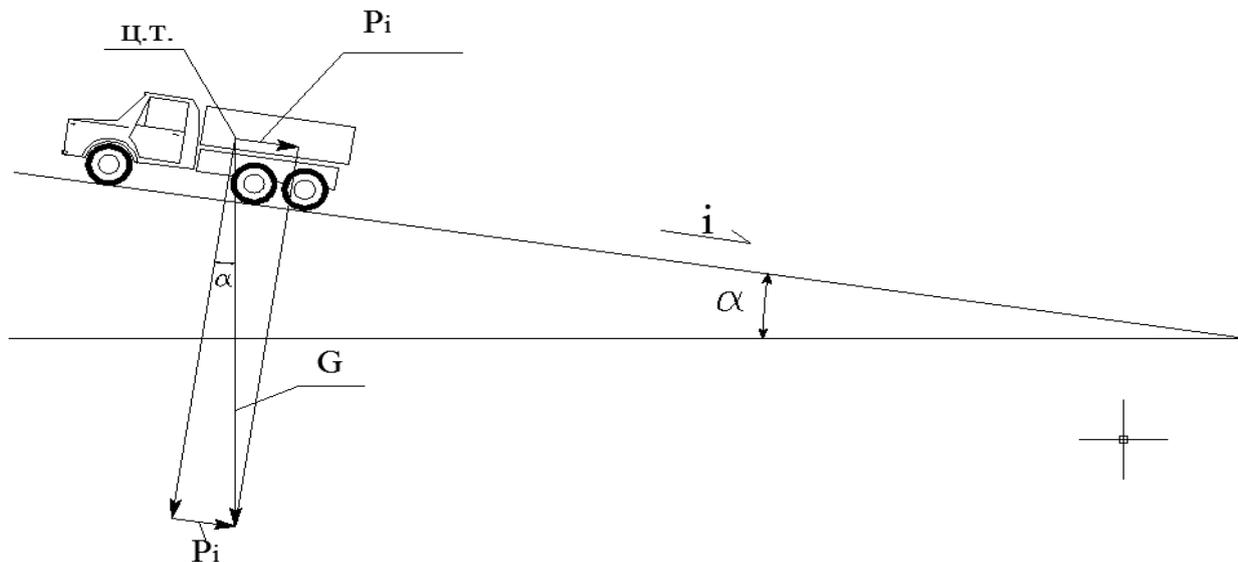


Рисунок 3 - Схема сил, действующих на автомобиль на подъеме дороги с уклоном  $i$ ,  $G$  - полный вес автомобиля,  $P_i$  - сила сопротивления подъему.

На наклонной поверхности вектор силы тяжести  $G$  раскладывается на две составляющих: горизонтальную, которую определяют по формуле -

$G \sin \alpha$  и вертикальную -  $G \cos \alpha$ .

Так как продольные уклоны  $i$  автомобильной дороги не превышают 80 – 90‰, то угол  $\alpha$  будет составлять менее  $10^\circ$ .

Синусы малых углов равны тангенсу угла, поэтому  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$ , а тангенс угла равен продольному уклону  $i$ . Продольный уклон определяют как отношение высоты подъем к его длине ( $i=H/L$ )

Поэтому сила сопротивления подъему равна

$$P_i = \pm i G, \text{ Н}$$

где  $i$  – продольный уклон дороги, в долях единицы;

$G$  – вес автомобиля, Н.

Знак «+» в формуле при движении автомобиля на подъеме, а знак «-» - на спуске.

**Сила инерции** движения представляет собой силу, которую необходимо преодолеть, чтобы изменить скорость движения автомобиля. Она зависит от массы автомобиля, величины ускорения (замедления)

$$P_j = \pm \delta_j G_j, \text{ Н},$$

где  $\delta_j$  – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс ( $\delta_j = 1,03 - 1,07$ );

$j$  – относительное ускорение (замедление) автомобиля,  $\text{м/с}^2$ ;

$G$  – вес автомобиля, Н;

Знак «+» в случае ускорения движения автомобиля, а знак «-» при замедлении.

Суммарная величина продольных сил, действующих на автомобиль при движении его на прямолинейном участке автомобильной дороги, определяется формулой:

$$\sum P = P_f + P_w \pm P_i \pm P_j.$$

где  $P_f$  - сопротивление качению (трение качения);

$P_w$  - сопротивление воздуха;

$P_i$  - сопротивление движению на подъем;

$P_j$  -, инерционные силы самого автомобиля и вращающихся масс его механизмов, возникающие при изменении скорости движения.

### Обоснование радиусов горизонтальных кривых

На автомобиль, движущийся с постоянной скоростью по криволинейному участку дороги, действует центробежная сила, направленная по радиусу кривизны закругления от его центра. (Рис. 1)

Величину центробежной силы в точке кривой определяют по формуле:

$$C = m \cdot v^2 / R = G \cdot V^2 / (127R), \quad (1)$$

где  $m$  – масса автомобиля;

$v, V$  – скорость движения автомобиля,  $\text{м/с}$  или  $\text{км/ч}$ ;

$G$  – вес автомобиля, Н;

$R$  – радиус кривизны,  $\text{м}$ .

Если принять, что масса автомобиля равна  $m = G/g$ , а скорость  $V$  выразить в  $\text{км/ч}$ , тогда формула 10.1 примет вид

$$C = G \cdot V^2 \cdot (1000)^2 / (3600)^2 \cdot g \cdot R, \quad C = G \cdot V^2 \cdot 10^6 / 12,96 \cdot 10^6 \cdot 9,8 \cdot R,$$

$$\boxed{C = G \cdot V^2 / (127 \cdot R)},$$

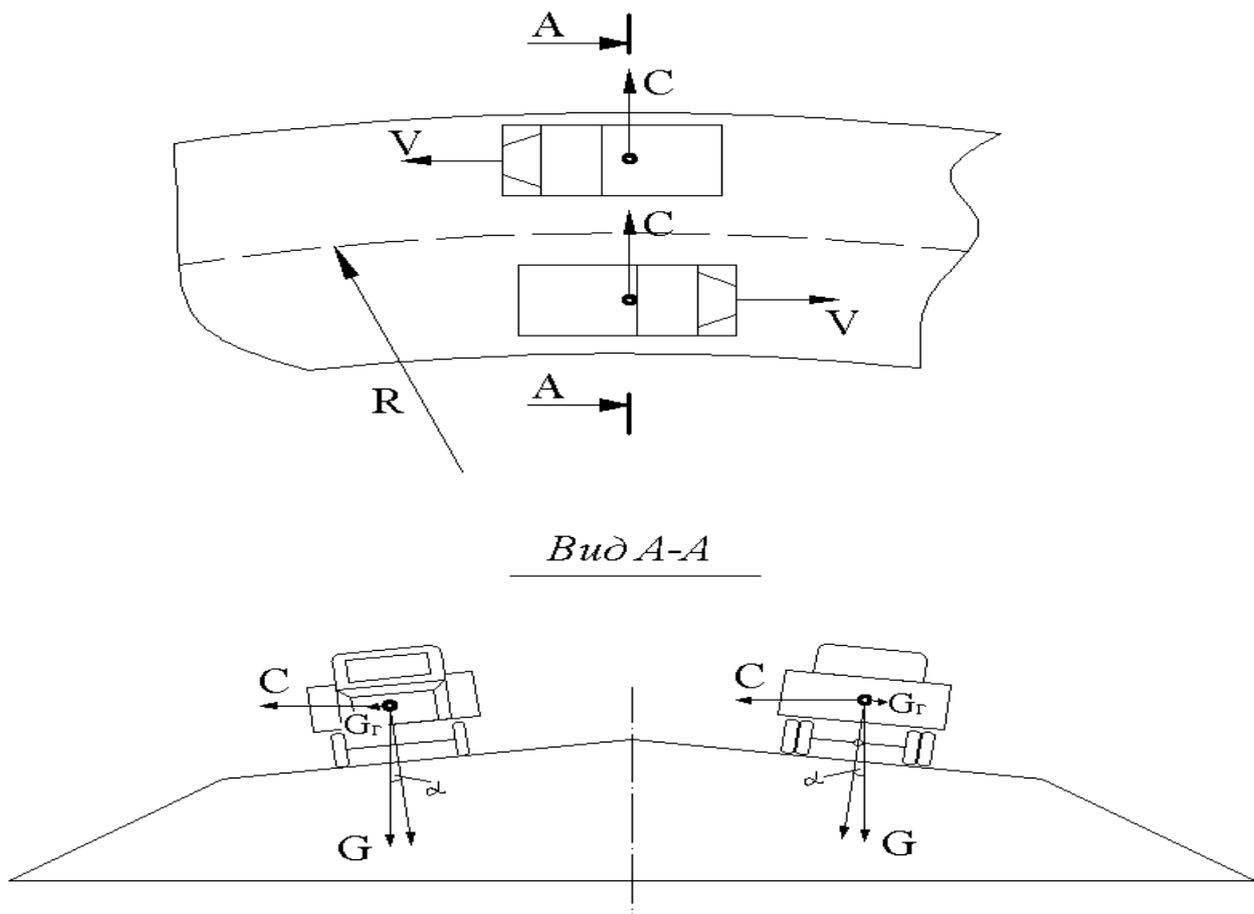


Рисунок 1 - Схема сил, действующих на автомобиль на закруглении дороги:

В направлении перпендикулярном траектории движения автомобиля центробежная сила  $C$  и горизонтальная составляющая веса автомобиля  $G_r$  образуют по отношению к автомобилю поперечную силу  $Y$ :

$$Y = C \pm G_r$$

Знак «плюс» принимается для случая движения автомобиля по внешней полосе проезжей части, а знак «-минус» - по внутренней.

Поперечная горизонтальная составляющая собственного веса автомобиля равна:

$$G_r = G \sin \alpha \approx G \operatorname{tg} \alpha = G i_n,$$

где  $i_n$  – поперечный уклон проезжей части в долях единицы.

Подставим это значение  $G_r$  и величину  $C$  по выражению (1) в предыдущую формулу для определения поперечной силы:

$$Y = GV^2 / (127R) \pm G i_n \quad (2)$$

В этой формуле знак «плюс» применяется для случая движения автомобиля по внешней полосе проезжей части, а знак «минус» для случая движения по внутренней полосе двухскатной проезжей части.

Разделим все члены выражения (2) на вес автомобиля  $G$  и обозначим отношение  $Y/G$  величиной  $\mu$ :

$$Y/G = \mu = V^2/(127R) \pm i_n \quad (3)$$

Отношение поперечной силы к весу автомобиля  $Y/G$  называют **коэффициентом поперечной силы  $\mu$** .

Поперечная сила  $Y$  стремится сместить автомобиль с дороги или опрокинуть его, затрудняет управление, снижает удобство (комфортабельность) поездки, увеличивает расход топлива и износ шин.

При  $\mu$  равном 0,1 пассажир движение по криволинейному участку не ощущает.

Если  $\mu$  равно 0,15, то пассажир незначительно ощущает движение по кривой.

При  $\mu$  равном 0,20 пассажир испытывает неудобство при движении по закруглению.

Если значение  $\mu$  равно 0,30, то пассажир отклоняется в сторону при движении по криволинейному участку.

При  $\mu$  равном 0,36 – 0,42 появляется опасность потери устойчивости автомобиля (занос).

Если значение  $\mu$  превышает 0,60, то автомобиль может опрокинуться.

План трассы может состоять из прямолинейных и криволинейных участков. Для безопасности и удобства движения автомобиля с расчетной скоростью следует назначать радиусы кривизны закруглений автомобильных дорог в плане, обеспечивающие меньшие значения коэффициента поперечной силы  $\mu$ .

По условиям удобства движения водителя и пассажиров по криволинейному участку в плане коэффициент поперечной силы  $\mu$  определяется по формуле:

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

где  $V$  – скорость движения, км/ч.

При двухскатном поперечном профиле на закруглении дороги величина поперечной силы на внешней полосе движения больше, чем на внутренней. Поэтому рекомендуемый радиус кривизны закругления определяется для случая движения автомобиля по внешней полосе:

$$R_{рек} = \frac{V^2}{127(\mu - i_n)}, \quad (5)$$

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

$\mu$  – коэффициент поперечной силы, определяется по условиям удобства проезда закругления;

$i_n$  – поперечный уклон внешней полосы движения, в долях единицы.

По СН рекомендуется в качестве основных принимать радиусы кривизны в плане не менее:

- на дорогах категорий I-а - 3000м;
- на дорогах категорий I-б - II - 2000м;
- на дорогах категорий III и IV - 1200м;

На участках кривых в плане, имеющих радиусы менее значений, приведенных в (Табл. 1.), следует предусматривать устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем (виражом).

Таблица 1 – Радиусы кривой в плане

Категория дороги	I-а	I-б, I-в, II	III	IV	V	VI
Расчетная скорость, км/ч	140	120	100	<u>90</u> 80	60	40
Радиус кривой в плане, м	<u>3000</u> -	<u>2000</u> -	<u>2000</u> -	<u>2000</u> 600	<u>1000</u> 600	- 400
Примечание – В числителе приведены значения для дорог с дорожной одеждой капитального или облегченного типов, в знаменателе- для дорог с дорожной одеждой переходного и низшего типа.						

Для уменьшения величины поперечной силы на внешней полосе движения может предусматриваться односкатный поперечный профиль (вираж) (Рис.1).

В этом случае минимальный радиус кривизны определяется по формуле (6):

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu + i_e)}, \quad (6)$$

где  $i_e$  – уклон виража, в долях единицы.

Требуемая величина уклона виража определяется по зависимости:

$$i_e = V^2/(127R) - \mu, \quad (7)$$

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

$R$  – радиус кривой в плане, м;

$\mu$  – коэффициент поперечной силы, определяется по (4)

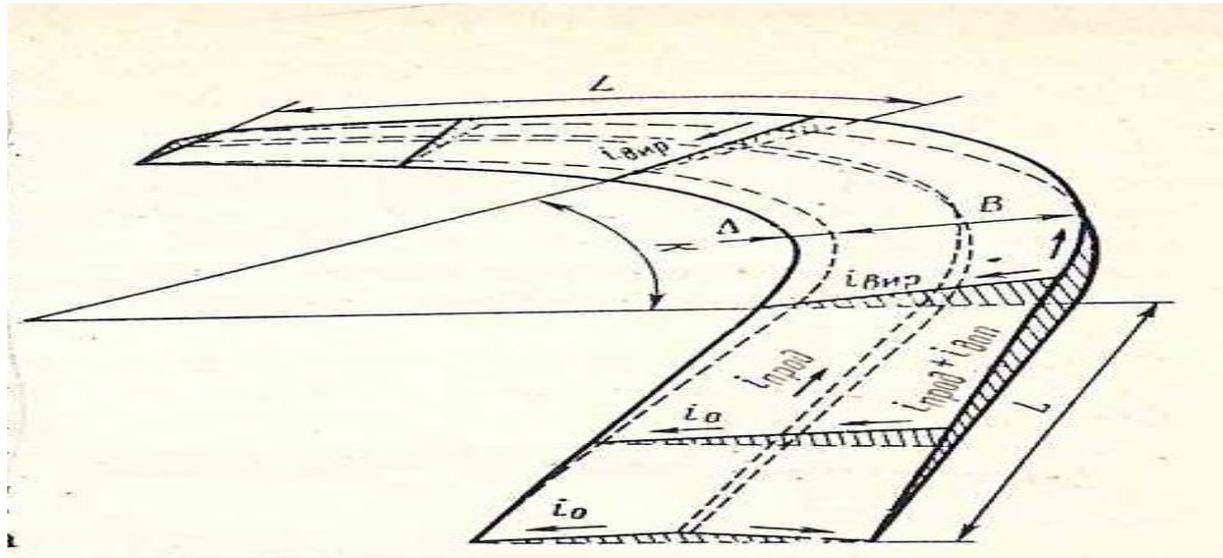


Рисунок 1 - Схема виража на двух полосных дорогах  
 $L$  – переходная кривая и отгон виража;  $K$ - круговая кривая;  $B$  – ширина проезжей части;  $A$  – уширение проезжей части;  $i_{vir}$  – уклон виража.

Максимальный уклон виража ограничивается из условия недопущения сползания медленно-движущихся транспортных средств под действием горизонтальной составляющей собственного веса автомобилей на встречную полосу двух полосной дороги. В Республике Беларусь по СН уклоны виража следует принимать по (Табл. 1.).

Таблица 1. - Уклоны виража

Уклон виража $i_v$ , %	Минимальный радиус круговой кривой, м, соответствующий уклону виража $i_v$ , для дорог категорий			
	I-a	I-б - IV	V (с дорожными одеждами капитального и	IV, V (с дорожными одеждами переходного и низшего
20 (25)	1330	850	540	-
30	1240	800	510	300
40	1150	750	480	280
50	1060	700	450	260

Примечание - При применении радиусов, меньших приведенных в таблице, следует принимать максимальные уклоны виража, которые соответствуют следующим значениям: 40‰ - в северном дорожно-климатическом районе, 45‰ - в центральном и 50‰ - в южном. Деление территории Республики Беларусь на дорожно-климатические районы в соответствии с приложением.

Для отводы воды с проезжей части минимальный уклон виража принимают равным поперечному уклону проезжей части ( $i_n = 20 - 25\%$ ).

Отгон виража – переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части к односкатному. Он осуществляется путем вращения внешней полосы дорожного полотна вокруг его оси до получения односкатного поперечного профиля с уклоном  $i_n$ . Если уклон виража  $i_v > 20\%$ , то дальнейшее вращение полученного односкатного поперечного профиля производится вокруг оси проезжей части до уклона  $i_b$ .

На закруглении плана трассы проектируют два отгона виража. Первый отгон размещается на переходной кривой, следующей от начала закругления к концу, а второй отгон на переходной кривой, следующей от конца закругления к началу (Рис. 2).

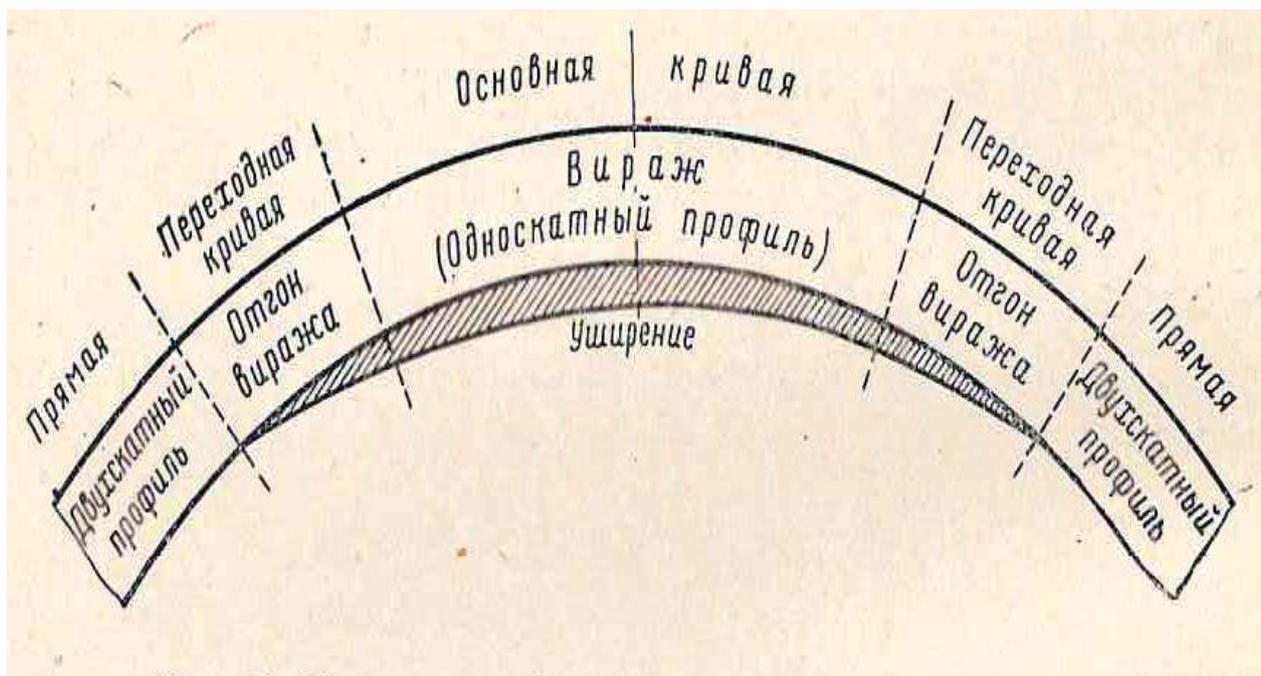


Рисунок 2 - Схема размещения отгонов виража на закруглении с переходной кривой

На кривых в плане с радиусами 1000 м и менее проезжая часть с внутренней стороны закругления уширяется. Величину полного уширения на закруглениях автомобильных дорог с двумя полосами движения следует принимать в зависимости от радиуса кривых.

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

## Расчет параметров закругления по круговой кривой

Трасса автомобильной дороги может состоять из прямолинейных участков и закруглений. Закругления проектируют по круговым кривым или по круговым кривым совместно с переходными кривыми.

Основными параметрами закругления по круговой кривой являются: тангенс  $T$ , биссектриса  $B$ , домер  $D$ , угол поворота трассы  $\alpha$  и кривая  $K$ . (Рис.1).

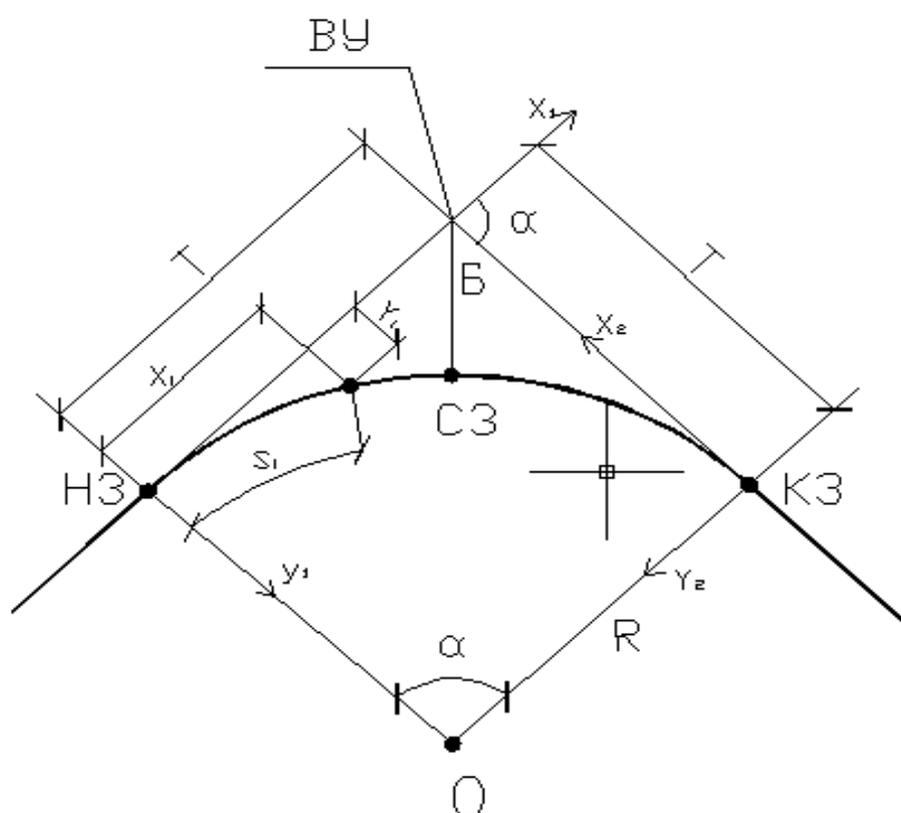


Рисунок 1 - Схема закругления по круговой кривой

**Тангенс** – расстояние от вершины угла до начала или конца круговой кривой.

**Биссектриса** – расстояние от вершины угла до середины круговой кривой.

**Домер** показывает насколько длина трассы по ломаной линии больше расстояния по кривой.

**Угол поворота** - угол, образованный между продолжением первоначального и последующего (нового) направления трассы.

При изыскании автомобильных дорог трассу прокладывают ломаными линиями от одной вершины угла поворота до последующей вершины угла. При вписывании круговой кривой длина трассы будет меньше чем по ломаной линии. Чтобы не менять пикетаж при прохождении трассы по ломаной линии, ее длину уменьшают на величину домера.

Домер (Д) определяют как разность расстояний между началом закругления (НЗ) и концом (КЗ) по ломаной (НЗ – ВУ – КЗ) и по кривой (НЗ – СЗ – КЗ).

$$Д = 2Т - К \quad (1)$$

Величины Т, Б и К вычисляют по формулам:

$$Т = R \cdot \operatorname{tg} (\alpha/2); \quad (2)$$

$$Б = R \cdot [1/\operatorname{Cos} (\alpha/2) - 1]; \quad (3)$$

$$К = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180 \quad (4)$$

Пикетное положение основных точек закругления определяют по формулам:

$$\text{НЗ} = \text{ВУ} - Т; \quad (5)$$

$$\text{СЗ} = \text{НЗ} + К/2; \quad (6)$$

$$\text{КЗ} = \text{НЗ} + К; \quad (7)$$

$$\text{КЗ} = \text{ВУ} + Т - Д \quad (8)$$

$$\text{КЗ} = \text{НЗ} + 2Т - Д \quad (9)$$

где ВУ – пикетное положение вершины угла поворота трассы.

Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат

Для выноски круговой кривой используют метод прямоугольных координат  $x_1y_1$  от начала кривой до середины закругления (Рис.2).

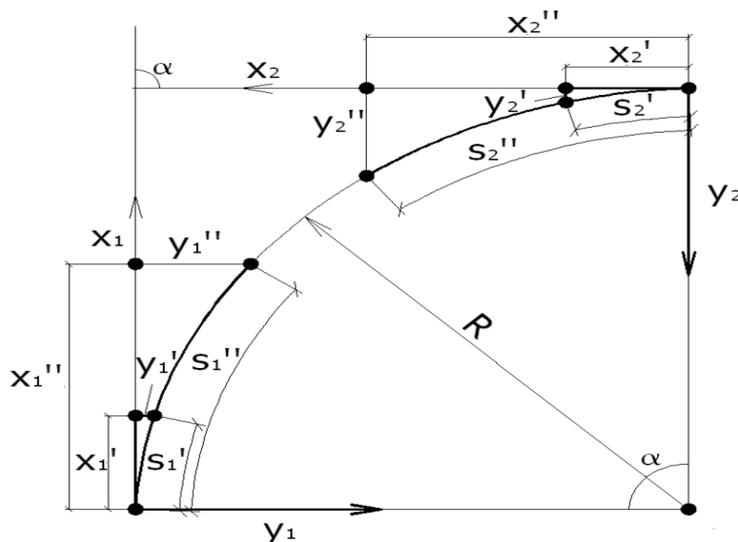


Рисунок 2 - Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат

Начало координат расположено в начале закругления в точке НЗ. Для разбивки кривой от конца закругления до середины используют координаты  $x_2y_2$ . Начало координат располагают в конце закругления в точке КЗ.

Координаты точки  $i$  вычисляют по формулам

$$x_i = R \operatorname{Sin} (Si/R); \quad y_i = R - R \operatorname{Cos} (Si/R) \quad (10)$$

где  $Si$  – расстояние от начала координат до точки  $i$ .

Координаты вычисляют через 10м. Обязательно следует вычислить координаты пикетов, находящихся в пределах кривой.

По вычисленным значениям  $x$  и  $y$  устроят круговую кривую.

### Проектирование закругления с переходными кривыми

При въезде автомобиля с прямого участка на кривую в плане возникает центробежная сила. Для постепенного нарастания величины центробежной силы между прямой и круговой кривой вводится кривая с переменным радиусом кривизны, которая называется переходной кривой (Рис.1.).

На участках автомобильных дорог с радиусами круговых кривых в плане 2000м и менее необходимо проектировать переходные кривые.

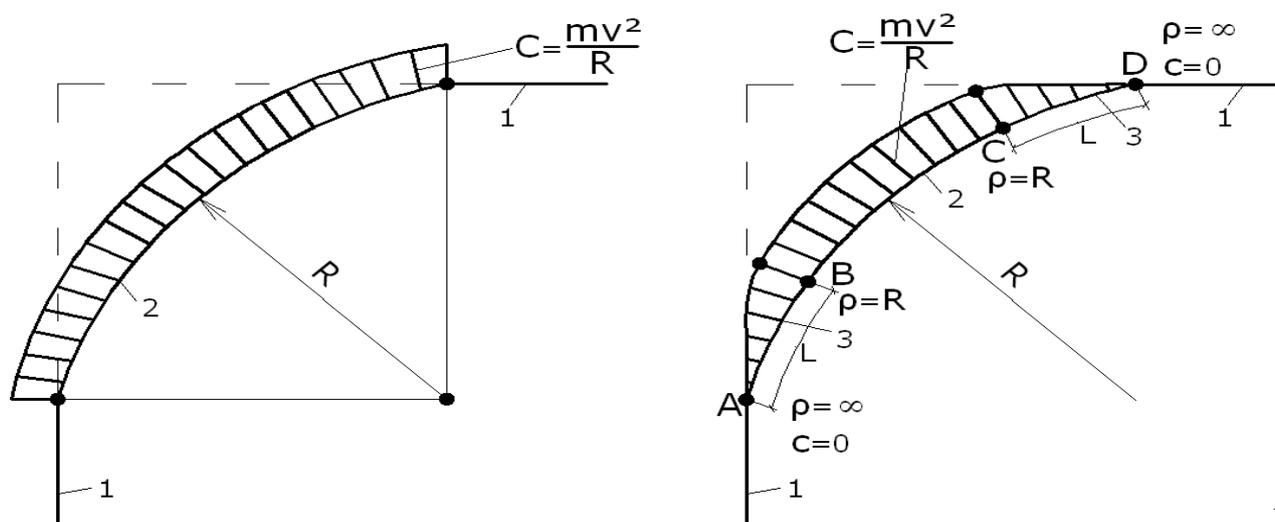


Рисунок 1 - Схема к обоснованию понятия «переходная кривая»:

1 – прямая; 2 – круговая кривая; 3 – переходная кривая.

В начале (т.А) радиус кривизны переходной кривой равен бесконечности (прямая) и центробежная сила равна нулю. По мере движения автомобиля по переходной кривой радиус кривизны ее уменьшается до значения  $R$  на круговой кривой, а центробежная сила увеличивается до максимального значения.

В качестве переходной кривой используют уравнение клотоиды или других кривых с линейным или нелинейном законом изменения кривизны. Радиус кривизны клотоиды определяют по формуле.

$$\rho = A^2/S, \quad (1)$$

где  $S$  – расстояние от начала переходной кривой длиной  $L$  до точки с радиусом кривизны  $\rho$  (Рис. 2);

$A$  – параметр клотоиды.

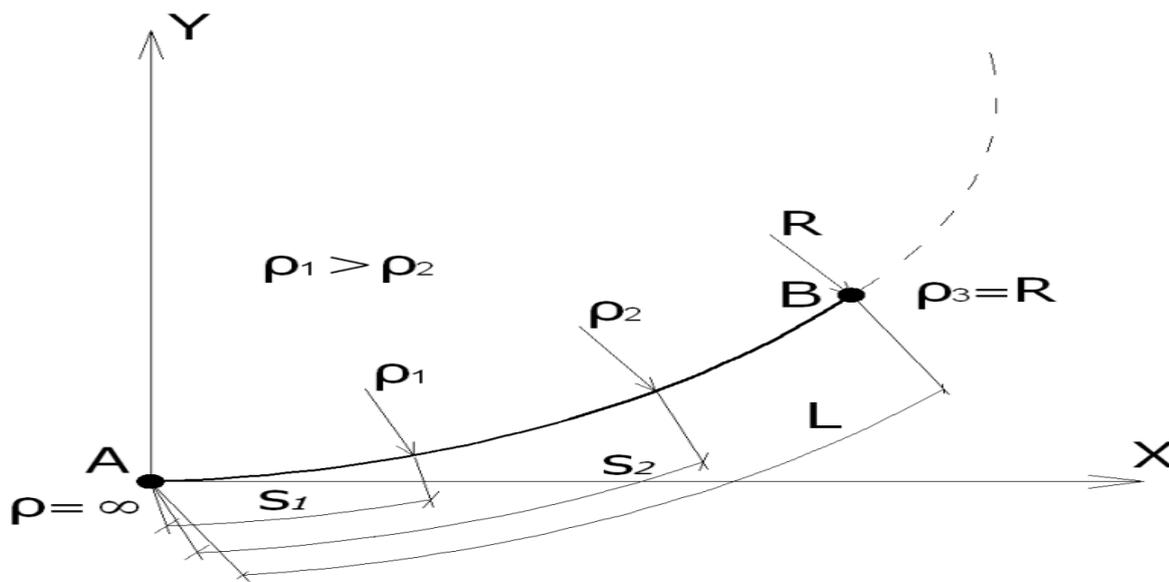


Рисунок 2 – Элементы клотоиды

В начале переходной кривой, когда  $(S = 0)$ . Радиус кривизны будет равен  $\rho$  В конце переходной кривой когда  $S = L$ , радиус кривизны будет равен  $\rho = R$ . Подставляя вместо  $\rho$  и  $S$  их значения  $R$  и  $L$ , получим величину параметра клотоиды:

$$A = \sqrt{RL} \quad (2)$$

Минимальная длина переходных кривых устанавливается из условия постепенного нарастания центробежного ускорения - от нуля на прямой до максимальной величины при входе на круговую кривую.

Наименьшую длину полных переходных кривых (вписываемых между прямым участком и круговой кривой) следует принимать по (Табл. 1).

Таблица 1 - Наименьшие значения длин переходных кривых, м.

	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600— 1000	1000— 2000
Длина переходной кривой	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

При введении переходной кривой длиной  $L$  начало и конец закругления смещается дальше от ВУ по сравнению с закруглением по круговой кривой на величину  $t$ , которую называют **смещение**. Кроме того при введении переходной кривой круговая кривая сдвигается к центру на величину  $p$ , которую называют **сдвижка** (Рис.3).

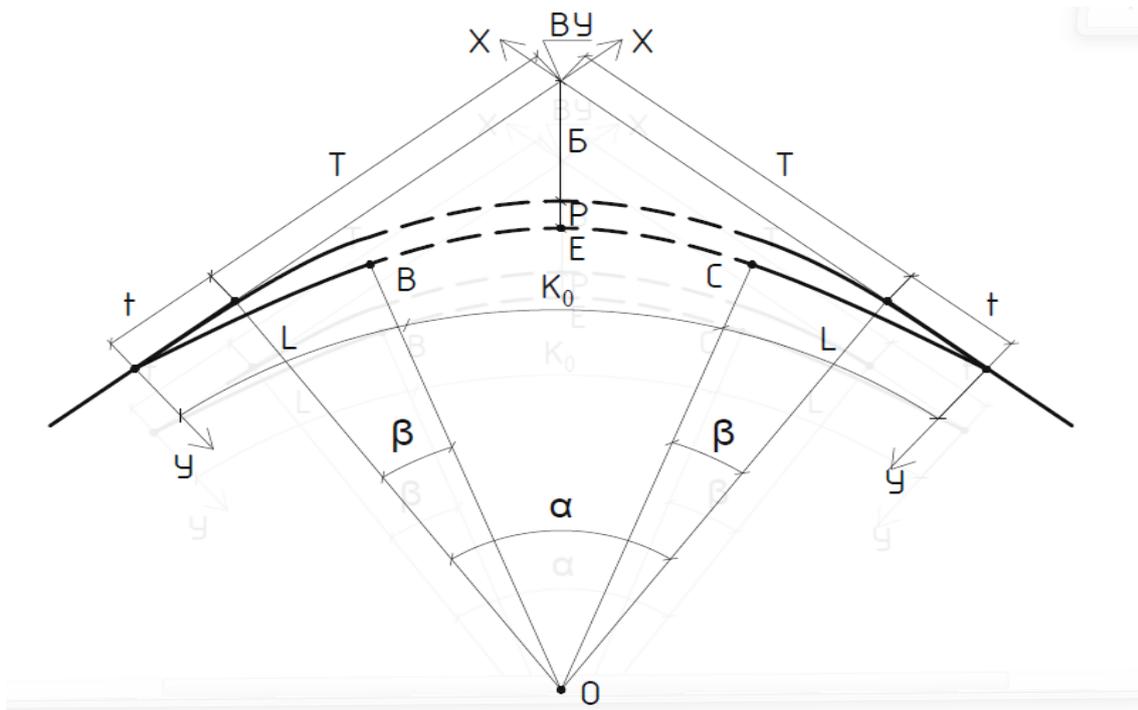


Рисунок 3 - Элементы закругления с симметричными переходными кривыми

Проектирование закруглений с симметричными переходными кривыми ведут в следующей последовательности.

1. Вычисляют минимальную длину переходной кривой  $L$  по формуле

$$L = V_1^3 / (47RJ)$$

Полученное значение переходной кривой сравнивают минимальной по СН. Для дальнейших расчетов принимают большее значение длины переходной кривой. Минимальную длину переходной кривой можно принять без расчета по СН.

2. Определяют величину угла  $\beta$  на которую уменьшается круговая кривая при введении переходной кривой. (рис.3)

$$\beta = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ градусы} \quad (3)$$

3. Проверяют условие возможности разбивки закруглений с переходной кривой. Если угол  $\alpha$  (рис.3) больше  $2\beta$ , то разбивка возможна. Если угол  $\alpha < 2\beta$ , то разбивка невозможна.

Если угол  $\alpha$  равен  $2\beta$ , то закругление состоит из двух переходных кривых (клотоид) и называется клотоидным.

4. Определяют длину круговой кривой. Круговая кривая  $K_0$  занимает центральный угол  $(\alpha - 2\beta)$ . Поэтому длина круговой кривой  $K_0$  равна:

$$K_0 = (\alpha - 2\beta) / 180, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – угол поворота трассы в градусах.

Если  $(\alpha - 2\beta) = 0$ , то круговая кривая  $K_0$  исходя из формулы равна нулю. Закругление состоит из двух переходных кривых

5. Определяем значения смещения  $t$  и сдвижки  $p$  по формулам

$$t = x_B - R \cdot \sin \beta; \quad p = y_B - R(1 - \cos \beta) \quad (5)$$

где  $x_B$ ,  $y_B$  – координаты точки В (конца переходной кривой), вычисляются по формулам:

$$x_B = L - L^3/(40R^2); \quad y_B = L^2/(6R) - L^4/(336R^3), \quad (6)$$

где  $L$  – длина переходной кривой;

$R$  – радиус круговой кривой, следующий за переходной.

Для ориентировочных расчетов величину смещение  $t$  можно принять равным  $0,5 * L$ .

Если сдвижка круговой кривой от введения переходной кривой составляет менее 0,20м, то ее можно не учитывать в расчете и переходные кривые в этом случае допускается не устраивать.

6. Вычисляют Тангенс  $T$  и домер  $D$  по формулам

$$T = (R + p) \operatorname{tg} (\alpha/2); \quad D = 2(T + t) - (2L + K_0); \quad (7)$$

7. Определяют пикетное положение основных точек закругления по формулам:

- т.А (начало закругления)  $HЗ = ВУ - (T + t)$ ;
- т.В (начало круговой кривой)  $НКК = HЗ + L$ ;
- т.С (конец круговой кривой)  $ККК = HЗ + L + K_0$ ;
- т.Д (конец закругления)  $КЗ = HЗ + 2L + K_0$ ;  
 $КЗ = ВУ + (T + t) - Д$ .

## Тема 1.5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Трасса автомобильной дороги. Воздушная линия. Контурные препятствия. Высотные препятствия. Проектирование вариантов плана трассы. Расчет радиусов закруглений и длин переходных кривых. Разбивка пикетажа и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых. Дирекционный угол. Магнитный азимут. Нанесение плана трассы с указанием пересечения с автомобильными и железными дорогами, ручьями, реками. Нанесение ситуации с указанием местоположения участков леса, кустарника, пашни, луга. Схема закрепления основных точек трассы (начало хода, вершин углов поворота, конца хода).*

Технический проект автомобильной дороги включает три основных чертежа:

- план трассы (вид сверху);
- продольный профиль (сечение вертикальной плоскостью вдоль оси дороги);
- поперечный профиль (сечение вертикальной плоскостью перпендикулярно оси дороги).

Трассой автомобильной дороги называют положение оси дороги на местности в виде прямых и кривых.

Различают две проекции оси автомобильной дороги. Горизонтальную проекцию оси дороги называют планом трассы, вертикальную - проектной линией.

План трассы характеризуют прямыми и горизонтальными кривыми с углами поворота влево или вправо, а проектную линию – прямыми с продольными уклонами вверх или вниз и вертикальными кривыми.

При проектировании автомобильной дороги указывают начальную и конечную точки, через которые должна проходить трасса. Кратчайшее расстояние между заданными точками называют воздушной линией. Проектированию трассы по воздушной линии могут не позволить препятствия, преодоление которых технически и экономически не целесообразно. Различают контурные и высотные препятствия (Рис.1).

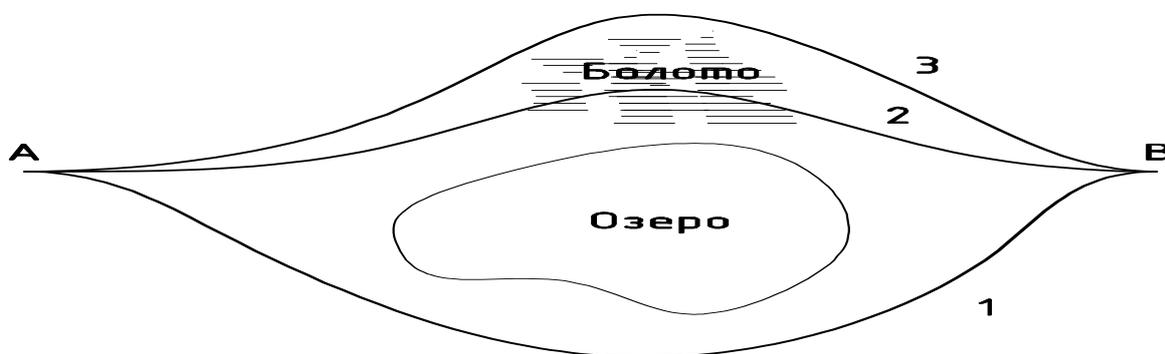


Рисунок 1 - Варианта проложения трассы  
1,2,3 – варианты трассы;

К контурным препятствиям относят населенные пункты, водоемы, болота, заповедники, ценные сельскохозяйственные угодья. Ценными угодьями являются мелиорированные земли, пашня, сад. Желательно обходить ценные сельскохозяйственные угодья и прокладывать трассу по границе угодий. Не следует отсекал малые площади пашни от основных полей.

К высотным препятствиям относятся отдельные возвышенности, глубокие и широкие овраги. Отклонение трассы от воздушной линии вызывается необходимостью проложения ее через промежуточные контрольные точки:

- места пересечения трассы с автомобильными и железными дорогами,

- места строительства больших мостов на пересечениях рек, используемые участки существующих дорог.

План и продольный профиль дорог проектируют исходя из условий наименьшего ограничения и изменения скорости, обеспечения безопасности и комфортности движения, возможности реконструкции дороги за пределами перспективного периода.

При возведении, а по возможности и при реконструкции, трассу дороги проектируют с учетом принципов ландшафтного проектирования как плавную пространственную линию с взаимной увязкой элементов плана и профиля между собой и с окружающим ландшафтом, с оценкой их зрительного восприятия.

В качестве составляющих элементов плана и продольного профиля трассы дороги применяют кривые как постоянной, так и переменной кривизны линейной или нелинейной функции, а также прямые. В качестве основного составляющего элемента плана трассы прямые могут применяться только при реконструкции. При назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать:

- продольный уклон - не более 30‰;
- радиус кривой в плане, м, не менее:
  - на дорогах I-а категории - 3000;
  - на дорогах I-б - II категорий - 2000;
  - на дорогах III и IV категорий - 1200;
- радиус выпуклой кривой в продольном профиле, м, не менее:
  - на дорогах I-а категории - 70 000;
  - на дорогах I-б - IV категорий - 25 000;
- радиус вогнутой кривой в продольном профиле - не менее 8000 м;
- длину кривой в продольном профиле, м, не менее:
  - непрерывно выпуклой - 300;
  - непрерывно вогнутой - 100.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнение перечисленных выше условий или их выполнение связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства, при обосновании допускается снижение норм проектирования до предельно допустимых, которые принимают по (Табл. 1). Сочетание на одном отрезке трассы предельно допустимых для принятой расчетной скорости параметров плана и продольного профиля не допускается.

Таблица 1 - Допустимые параметры элементов плана и продольного профиля

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, %	Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наименьший радиус кривых в продольном профиле, м	
				Выпуклой кривой	Вогнутой кривой
140	40	350	1200	25 000	8000
120	40	250	800	15 000	5000
100	50	200	600	10000	3000
90	55	175	450	7500	2500
80	60	150	300	5000	2000
60	70	85	150	2500	1500
40	90	55	60	1000	1000

Примечания

1 Увеличение наибольшего продольного уклона для расчетной скорости 60-120 км/ч в точке сопряжения вертикальных кривых не должно превышать 5 %.

2 Наименьшие радиусы кривых в плане приведены для уклона виража 30 %. При других значениях уклона виража наименьшие радиусы кривых в плане следует рассчитывать.

Проектирование плана трассы включает:

- 1) выяснение препятствий трассированию и установление контрольных точек;
- 2) проектирование вариантов плана трассы;
- 3) подбор радиусов закруглений и длин переходных кривых;
- 4) разбивка пикетажа и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых;
- 5) составление чертежа "План дороги".

Варианты плана трассы рекомендуется проектировать с учетом контрольных точек и препятствий.

План трассы автомобильной дороги проектируют по топографическим картам в горизонталях масштаба 1:5000 в следующей последовательности:

1. На карте намечают контрольные точки, через которые необходимо провести трассу с учетом ландшафта данной местности.
2. Через эти контрольные точки проводят плавную линию, являющуюся в первом приближении планом трассы автомобильной дороги.
3. Для обеспечения возможности выноски этой трассы на местность полученную кривую заменяют ломаной линией (Рис.2).

В местах изменения направления прямых измеряют углы поворота трассы ( $\alpha_1, \alpha_2$ ), а также биссектрисы закруглений  $B_1, B_2$ . На топографической карте местности с учетом масштаба определяют расстояние ( $\Pi_1$ ) от начала трассы до ближайшей вершины угла поворота, расстояние между вершинами углов ( $\Pi_2$ ) и расстояние ( $\Pi_3$ ) от ближайшей вершины угла поворота до конца участка трассы.

4. Вычисляют радиусы закругления по величине биссектрисы  $B_i$  и угла поворота  $\alpha_i$

$$R_i = B_i / [\text{Sec}(\alpha/2) - 1]; \quad R = B / [1/\text{Cos}(\alpha/2) - 1]$$

5. Полученные радиусы кривых сравнивают с нормативными значениями для данной категории автомобильной дороги. Радиусы кривых следует принимать не меньше рекомендуемого. Если полученное значение радиуса оказалось меньше рекомендуемого, то целесообразно изменить положение криволинейной трассы, положение вершины угла поворота и величину биссектрисы.

В случае невозможности изменения положения вершины и величины угла поворота, уменьшают радиус кривой до минимального. Если хотя бы один из полученных радиусов оказался меньше минимального, то следует повторно прокладывать трассу для уменьшения угла поворота или увеличения величины биссектрисы.

Минимальное значение радиуса горизонтальной кривой рекомендуется назначать на категорию выше, чем категория проектируемой дороги. Это позволит в будущем осуществить реконструкцию дороги в более высокую техническую категорию без изменения плана.

6. Если радиус круговой кривой составляет более 2000м, то вычисляют элементы круговых кривых  $T$ ,  $B$ ,  $K$ ,  $D$  по формулам.

$$T = R \cdot \text{tg}(\alpha/2); \quad B = R \cdot [1/\text{Cos}(\alpha/2) - 1];$$

$$K = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180; \quad D = 2T - K.$$

7. Если радиус круговой кривой составит менее 2000м, то необходимо устраивать переходные кривые. Вычисляют все параметры закруглений с переходными кривыми: длину переходной кривой  $L$ , смещение  $t$  и сдвигку  $p$ , тангенсы  $T$  и домер  $D$  с точностью до 0,01м.

$$L = V_1^3 / (47RJ); \quad K_0 = (\alpha - 2\beta) / 180,$$

$$t = x_B - R \cdot \text{Sin} \beta; \quad p = y_B - R(1 - \text{Cos} \beta);$$

$$x_B = L - L^3 / (40R^2); \quad y_B = L^2 / (6R) - L^4 / (336R^3);$$

$$T = (R + p) \text{tg}(\alpha/2); \quad D = 2(T + t) - (2L + K_0);$$

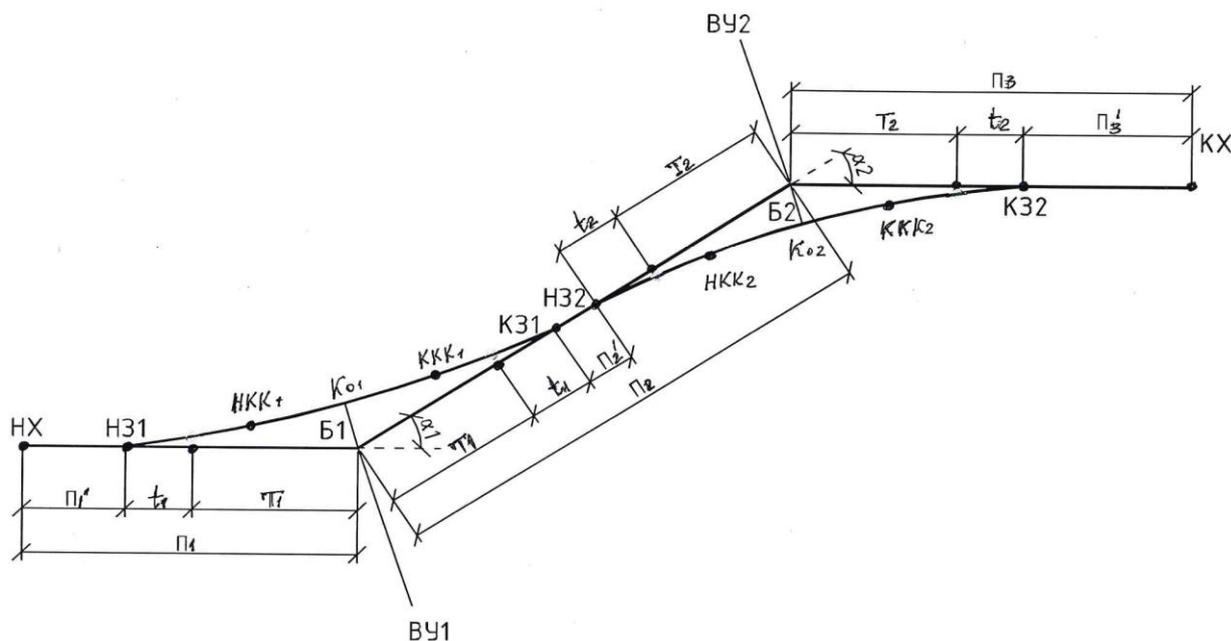


Рисунок 2 – Замена плана трассы ломанной линией.

Ориентировочно тангенсы круговых кривых можно определить, принимая сдвижку  $p = 0$  по формуле

$$T_i = R_i \cdot \operatorname{tg}(\alpha_i / 2)$$

Длину переходной кривой  $L_i$  назначают по таблице СН, а величину смещения начала закругления принимают равной  $t_i = 0,5 L_i$ .

8. Проверяют достаточность длин прямых  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  для размещения общих тангенсов закругления  $T_i + t_i$ .

Прямая  $\Pi_1$  (рис. 13.2) должна иметь длину не менее суммы  $(T_1 + t_1)$ , а длина прямой  $\Pi_3$  должна быть не менее суммы  $(T_2 + t_2)$ .

Протяженность прямой  $\Pi_2$  должна составлять не менее суммы общих тангенсов соседних закруглений.

$$\Pi_2 \geq (T_1 + t_1) + (T_2 + t_2),$$

Если, например,  $\Pi_2 < (T_1 + t_1) + (T_2 + t_2)$ , то необходимо уменьшить радиус первого или второго закругления и определить новые значения общих тангенсов

Если данное условие не выполняется, а значение радиуса круговой кривой принято минимально допустимым, необходимо повторно проектировать план трассы автомобильной дороги.

9. Определяют пикетное положение вершин углов поворота и конца хода:

$$\begin{aligned} \text{ВУ1} &= \text{НХ} + \Pi_1; & \text{ВУ2} &= \text{ВУ1} + \Pi_2 - D_1; \\ \text{КХ} &= \text{ВУ2} + \Pi_3 - D_2; & \text{КХ} &= \sum \Pi_i - \sum D_i. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $D_1, D_2$  – домеры первого и второго закруглений.

10. Вычисляют пикетное положение основных точек всех закруглений: начала закругления, начала и конца круговой кривой, конца закругления.

$$НЗ_1 = ВУ_1 - (T_1 + t_1);$$

$$НКК_1 = НЗ_1 + L_1;$$

$$ККК_1 = НЗ_1 + L_1 + K_{01};$$

$$КЗ_1 = НЗ_1 + 2L_1 + K_{01};$$

$$КЗ_1 = ВУ_1 + (T_1 + t_1) - D_1.$$

11. Определяют длины прямолинейных участков трассы, оставшихся после вписывания закруглений.

$$П_1 = НЗ_1 - НХ;$$

$$П_2 = НЗ_2 - КЗ_1;$$

$$П_3 = КХ - КЗ_2;$$

Если между соседними закруглениями имеется прямая вставка, то следует решить, допустима ли она, или ее следует устранить. Не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя горизонтальными кривыми, направленными в одну сторону. При длине вставки менее 100 м рекомендуется две кривых заменить одной большего радиуса. Прямые вставки длиной 100-300 м рекомендуется заменять переходными кривыми большего параметра. Прямая вставка может быть оставлена при ее длине более 700 м для дорог I, II категорий и более 300 м - для дорог III, IV категорий.

### Составление чертежа «План дороги»

Разбивку трассы на пикеты выполняют с помощью измерителя. На плане трассы через 100 м намечают пикеты, а в местах переломов рельефа местности, пересечения с автомобильными и железными дорогами, ручьями, реками дополнительно и плюсовые точки. Пикеты и плюсы закрепляют по трассе штрихами и подписывают. На основе топографической карты местности, вычерчивают ситуацию в полосе не менее 100 м в каждую сторону от трассы автомобильной дороги с указанием местоположения участков леса, кустарника, пашни, луга и др. На чертеже формата А4хп в масштабе 1:5000 наносят ломаную трассу и вписывают закругления на основе ведомости углов поворота, прямых и кривых.

На чертеже (Рис.1) обозначают пикеты и километры, показывают направление «Север-Юг» стрелкой, временные репера, схему закрепления основных точек трассы. Временные репера обозначают значком 

Рядом с ним указывают номер репера и отметки репера. В числителе указывают отметку репера с точностью до 1 мм, а в знаменателе – отметку поверхности земли с точностью до 1см. Например, Вр1 145,421/145,02.



Схема закрепления трассы

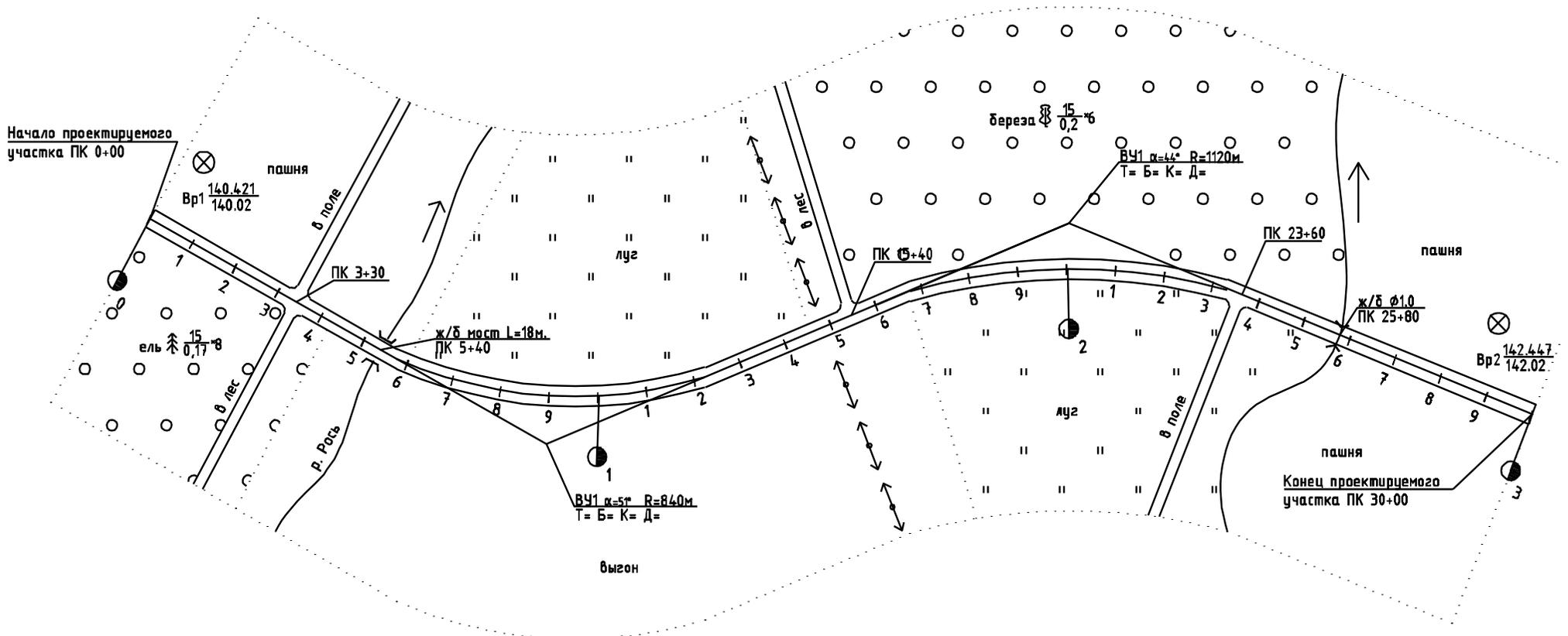
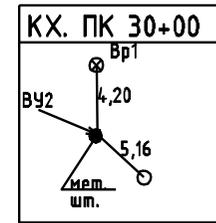
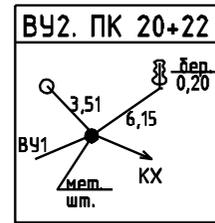
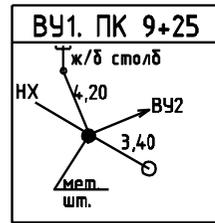
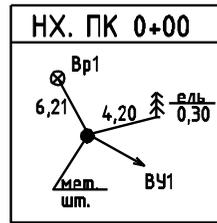


Рисунок 1- Схема плана дороги

На плане трассы обозначают пикетное положение начала и конца трассы, номера вершин углов поворота, данные каждого закругления. На каждом закруглении приводятся основные его параметры (ВУ, R, T, К, Б, Д,  $t$ ,  $K_0$ .)

На плане трассы показывают пикетное положение всех пересечений с автомобильными и железными дорогами, линиями связи и электропередач, местоположение и основные параметры мостов и железобетонных труб,

Все надписи на чертеже плана трассы располагают горизонтально. Километры, пикеты подписывают параллельно трассе.

На чертеже приводят схему закрепления основных точек трассы (начало хода, вершин углов поворота, конца хода) и ведомость углов поворота, прямых и кривых (Рис.2).

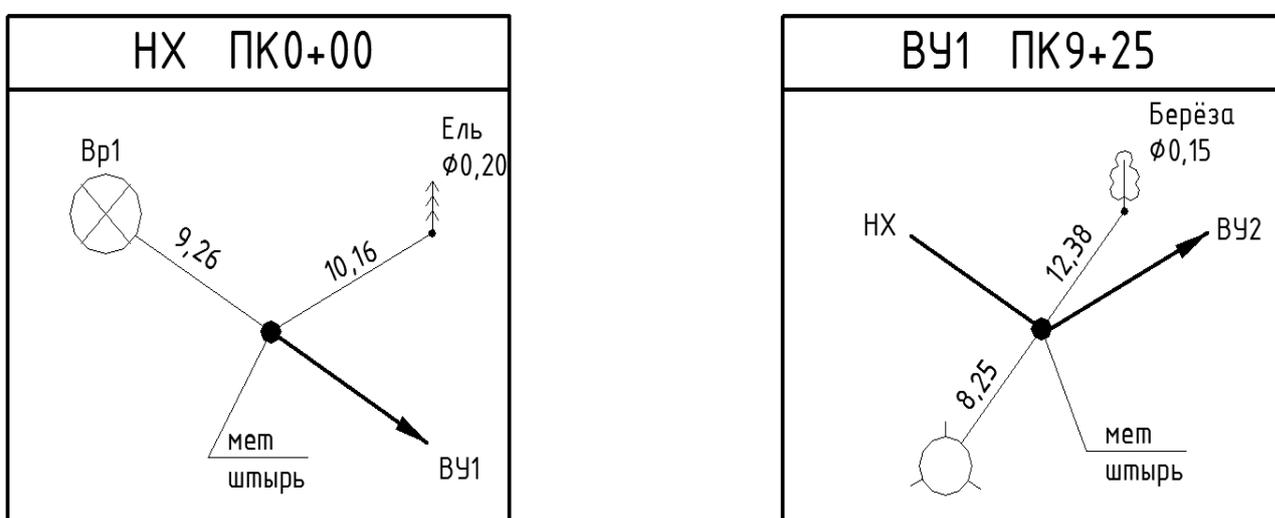


Рисунок 2- Схема закрепления основных точек трассы

## Тема 1.6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ

*Основные правила нанесения проектной линии. Нанесение исходной информации. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек. Методы проложения проектной линии. Основные элементы продольного профиля автомобильной дороги. Правила заполнения верхней части чертежа продольного профиля. Правила заполнения таблицы исходной информации и проектных решений. Нанесение варианта проектной линии. Общие требования, предъявляемые к земляному полотну. Типовые поперечные профили земляного полотна. Типовые поперечные профили насыпей. Типовые поперечные профили выемок. Индивидуальное проектирование земляного полотна. Определение границ типов поперечных профилей.*

Вертикальная проекция сечения оси автомобильных дорог II-VI категорий или оси проезжей части каждого направления автомобильных дорог, I-а, I-б, I-в категориях называется **продольным профилем**.

Установление положения поверхности автомобильной дороги в продольном профиле по отношению к поверхности земли называют **проектированием продольного профиля** или **нанесением проектной линии**.

При нанесении проектной линии необходимо обеспечить:

- плавность продольного профиля, допустимый максимальный продольный уклон, достаточную видимость, позволяющие водителям автомобилей развивать высокие безопасные по условиям движения скорости;
- отвод воды от земляного полотна;
- недопущение волнообразности (пилообразности) проектной линии, приводящей к постоянным спускам с последующим подъемом участков, при проезде которых двигатели автомобиля выполняют бесполезную работу;
- прохождение дороги через фиксированные точки.

Определение положения проектной линии продольного профиля является одним из наиболее ответственных, сложных и трудоемких этапов проектирования автомобильной дороги.

На положение проектной линии влияют:

- рельеф местности,
- условия увлажнения поверхностными и грунтовыми водами,
- особенности прохождения трассы через водотоки,
- пересечение с автомобильными и железными дорогами,
- техническая категория автомобильной дороги.

**Рельеф местности** подразделяют на равнинный, холмистый и горный.

К участкам холмистой местности относится рельеф, чередующийся долинами и водоразделами с разницей высотных отметок более 50м на расстоянии не более 0,5км.

В зависимости от рельефа, почвенно-грунтовых, гидрологических условий выделяют участки местности по характеру и степени увлажнения, которые подразделяют на три типа:

- 1 - сухие участки; 2 - сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года весной или осенью продолжительностью до 30 суток; 3 - мокрые участки, с постоянным избыточным увлажнением продолжительностью более 30 суток.

Проектирование продольного профиля включает:

- 1) нанесение исходной информации;

- 2) назначение контрольных точек и руководящих рабочих отметок;
- 3) составление вариантов проектной линии;
- 4) проектирование кюветов.

К исходной информации относят высотное положение поверхности земли вдоль оси дорог II – VI категории или по оси проезжей части одного направления дорог, I-а, I-б, I-в категориях, которое называют **черным профилем**.

Для построения черного профиля по карте в горизонталях на всех пикетах, переломах местности, в местах пересечения с водостоками, автомобильными и железными дорогами определяют высотные отметки поверхности земли с точностью до 1 см.

Если точка расположена между горизонталями карты, то ее высотную отметку находят **методом интерполяции** (Рис.1).

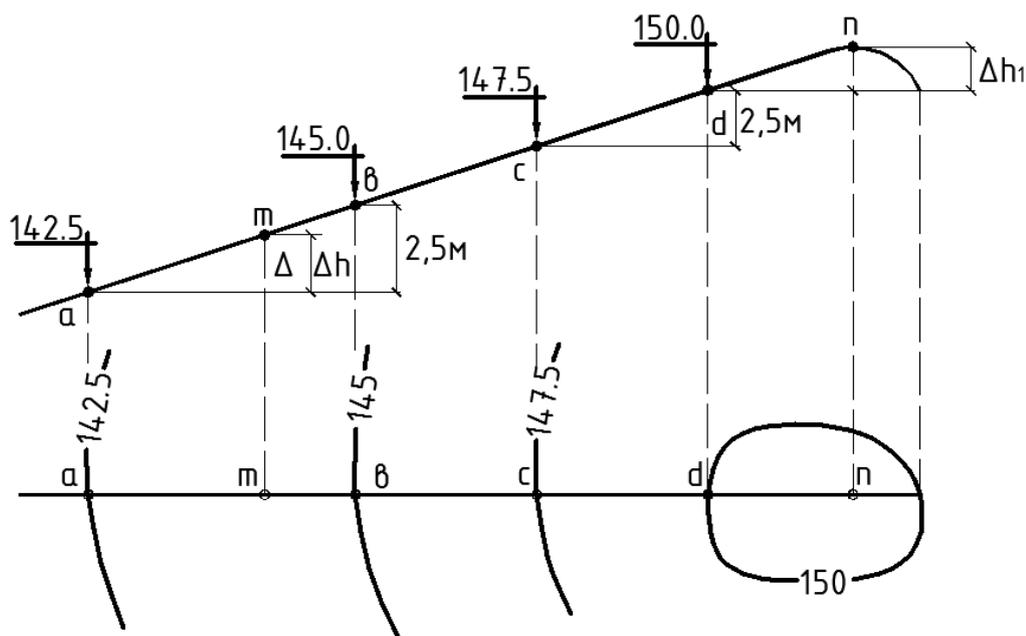


Рисунок 1- Схема к определению отметок поверхности земли по карте

Для этого через точку *m* проводят линию наибольшего ската *ав*, измеряют ее длину (*ав* = 20 мм) и расстояние *ам* от нижерасположенной горизонтали с отметкой 142,5 м до точки *m* (*ам* = 14 мм). Если сечение горизонтали *h* = 2,5 м, то величину  $\Delta h$  определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h * am}{av} = \frac{2,5}{20} \cdot 14 = 1,75 \text{ м.}$$

Так как точка  $m$  расположена выше горизонтали с отметкой 142,5, то высотная отметка этой точки будет равна  $H_m = 142,5 + 1,75 = 144,25$  м.

Проверить правильность определения высотной отметки точки  $m$  можно от другой соседней горизонтали. Для этого измеряют расстояние  $vm$  от вышерасположенной горизонтали с отметкой 145,0 м до точки  $m$  ( $vm = 6$  мм). Величину  $\Delta h$  определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h * vm}{av} = \frac{2,5}{20} \cdot 6 = 0,75 \text{ м.}$$

Так как точка  $m$  расположена ниже горизонтали с отметкой 145,0, то высотная отметка этой точки будет равна  $H_m = 145,0 - 0,75 = 144,25$  м

Высотную отметку точки  $n$ , расположенную в пределах замкнутой горизонтали, находят **методом экстраполяции**. На карте измеряют по линии наибольшего ската расстояние  $cd$  между ближайшими горизонталями ( $cd = 22$  мм) и расстояние от точки  $n$  до ближайшей горизонтали ( $dn = 8$  мм). Величину  $\Delta h$  определяют по формуле

$$\Delta h = \frac{h}{cd} \cdot dn = \frac{2,5}{22} \cdot 8 = 0,91 \text{ м.}$$

Так как точка  $n$  расположена выше горизонтали с отметкой 150,0, то высотная отметка этой точки будет равна  $H_n = 150,0 + 0,91 = 150,91$  м.

Аналогично находят высотные отметки поверхности земли всех пикетов и плюсовых точек (Рис.2).

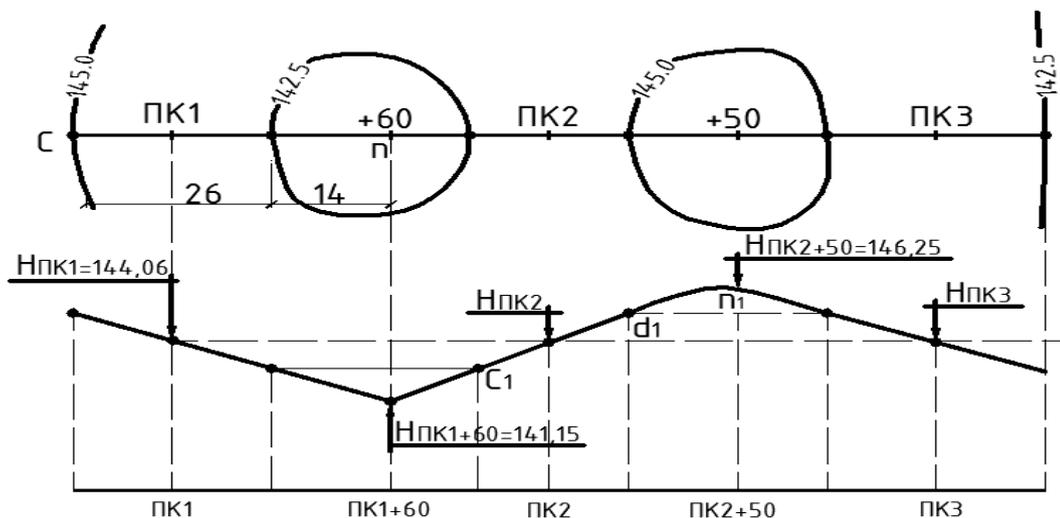


Рисунок 2 - Схема определения плюсовых точек

Полученные данные заносят в (Табл. 1).

Таблица 1 - Определение высотных отметок черного профиля

ПК+	$ab$ ( $cd$ ), мм	$x$ , ( $dn$ ), мм	$\Delta h$ , м	$H_g$ , м	Отметка, м
-----	-------------------	--------------------	----------------	-----------	------------

1+00	20	14	1,75	142,5	144,25
3+50	22	8	0,91	150,0	150,91м

Вычисленные отметки поверхности земли по оси трассы заносят в графу 12 таблицы исходной информации.

Положение проектной линии определяется руководящими рабочими отметками, фиксированными и ограничивающими точками.

### Проектирование земляного полотна

**Земляное полотно** - конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги.

Земляное полотно проектируют в виде **насыпей** и **выемок**

**Насыпь** – это сооружение трапециевидальной формы, которое устраивают из природных или техногенных грунтов, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли.

**Выемка** - это земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

Земляное полотно включает: рабочий слой, ядро насыпи, обочины, откосные части, грунтовое основание, систему поверхностного водоотвода.

Элементы земляного полотна в насыпи показаны на (Рис.1).

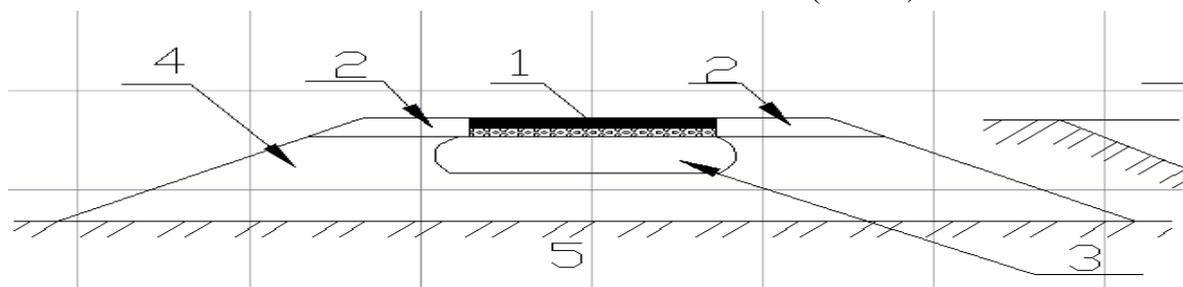


Рисунок 1 - Элементы земляного полотна в насыпи

- 1 – дорожная одежда; 2 – обочина; 3 – рабочий слой земляного полотна;  
4– откосные части земляного полотна; 5 – основание насыпи.

Элементы земляного полотна в выемке представлены на (Рис. 2).

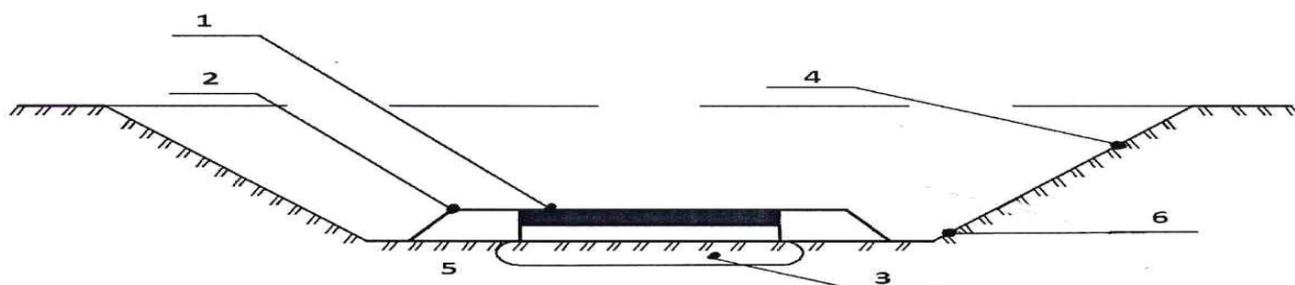


Рисунок 2 - Элементы земляного полотна в выемке:

- 1 – дорожная одежда; 2 – обочина; 3 – рабочий слой земляного полотна;  
 4 – откосные части земляного полотна; 5 – основание выемки;  
 6 – кювет.

В земляном полотне выделяют **рабочий слой**, **откосные части** насыпи или выемки. Ниже подошвы насыпи располагается **основание насыпи**, ниже рабочего слоя выемки располагается **основание выемки**.

**Рабочим слоем земляного полотна** называют верхнюю часть земляного полотна, расположенную в пределах от низа дорожной одежды на глубину 1,5м, в которой возникают значительные вертикальные напряжения от действия транспортной нагрузки.

Схема распределения напряжений от действия транспортной нагрузки по глубине высокой насыпи представлена на (Рис.3).

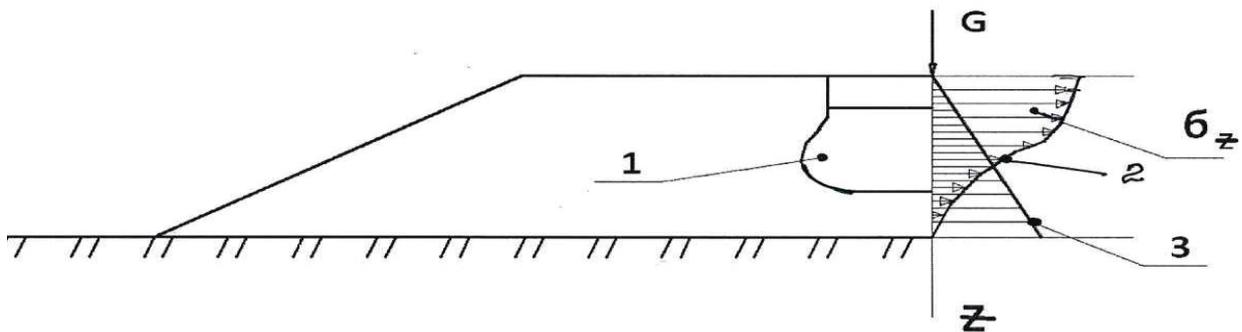


Рисунок 3 - Схема распределения напряжений от действия транспортной нагрузки по глубине на участке высокой насыпи;

- 1 – рабочий слой; 2 - эпюра распределения напряжений от транспортной нагрузки;  
 3- эпюра распределения напряжений от собственного веса насыпи.

Схема распределения напряжений от действия транспортной нагрузки по глубине низкой насыпи представлена на (Рис.4).

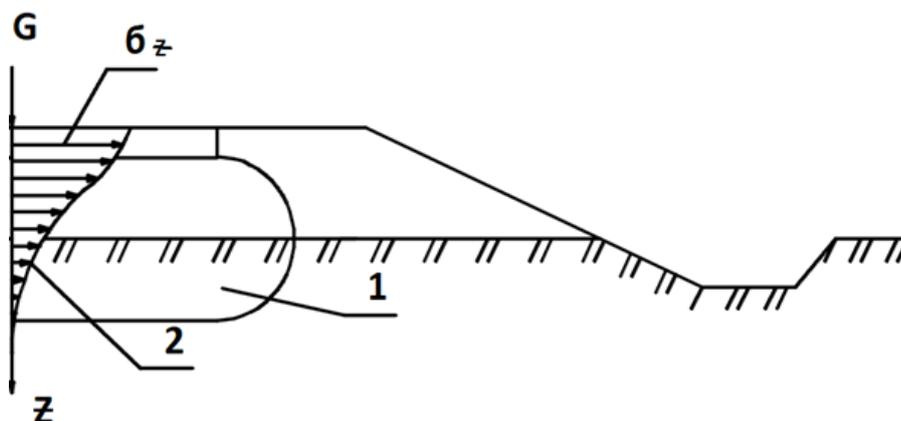


Рисунок 4 - Схема распределения напряжений от действия транспортной нагрузки по глубине на участке низкой насыпи.

1 – рабочий слой; 2 - эпюры распределения напряжений от транспортной нагрузки

Глубина, при которой вертикальные напряжения от транспортной нагрузки составляют приблизительно 10% напряжению от собственного веса земляного полотна, является **границей рабочего слоя**. Для современных транспортных нагрузок граница рабочего слоя расположена в пределах 1,5 м от поверхности дорожной одежды. Поэтому при низких насыпях в рабочий слой входят и грунты основания насыпи.

На земляное полотно воздействуют **нагрузки** (транспортные, собственный вес) и **природные факторы** (изменение влажности и температуры, действие воды, льда, ветра).

К земляному полотну предъявляются следующие общие требования:

- устойчивость;
- прочность;
- снегонезаносимость;
- безопасность движения;
- экономичность (минимальная стоимость).

Устойчивость земляного полотна – способность воспринимать действие собственного веса и транспортной нагрузки без образования деформаций, изменяющих положение земляного полотна в пространстве.

**Прочность земляного полотна** – способность воспринимать действие транспортных нагрузок без образования деформаций, снижающих прочность и ровность дорожной одежды.

Требования прочности относятся к рабочему слою, а требования устойчивости - ко всему земляному полотну и к основанию насыпи или выемки.

## Тема 1.6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ

*Выпуклые и вогнутые вертикальные кривые. Основные элементы вертикальных кривых. Расчет вертикальных кривых. Определение положения вершины вертикальных кривых. Определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой.*

При проектировании продольного профиля уклоны и радиусы подбирают таким образом, чтобы проектная линия плавно копировала рельеф местности, а объем земляных работ при этом был бы минимальным. В сложных случаях намечают несколько вариантов, из которых путем сравнения выбирают наилучший.

Второй этап проектирования заключается в точной взаимной увязке концов элементов проектной линии – определении координат вершин всех вертикальных кривых, точек сопряжения смежных криволинейных и прямолинейных участков. Расчеты ведут, последовательно переходя от одного элемента к другому.

Переломы прямолинейных участков проектной линии образуют малый угол поворота. Для плавного перехода с одного прямолинейного участка на другой в переломы проектной линии вписывают вертикальные кривые. Вертикальные кривые, сопрягающие прямолинейные участки, имеют большие радиусы (от 5 000 до 50 000м и более). Величина домера таких закруглений составляет менее 1 см. Поэтому при проектировании вертикальных кривых величину домера принимают равным нулю (Рис.1).

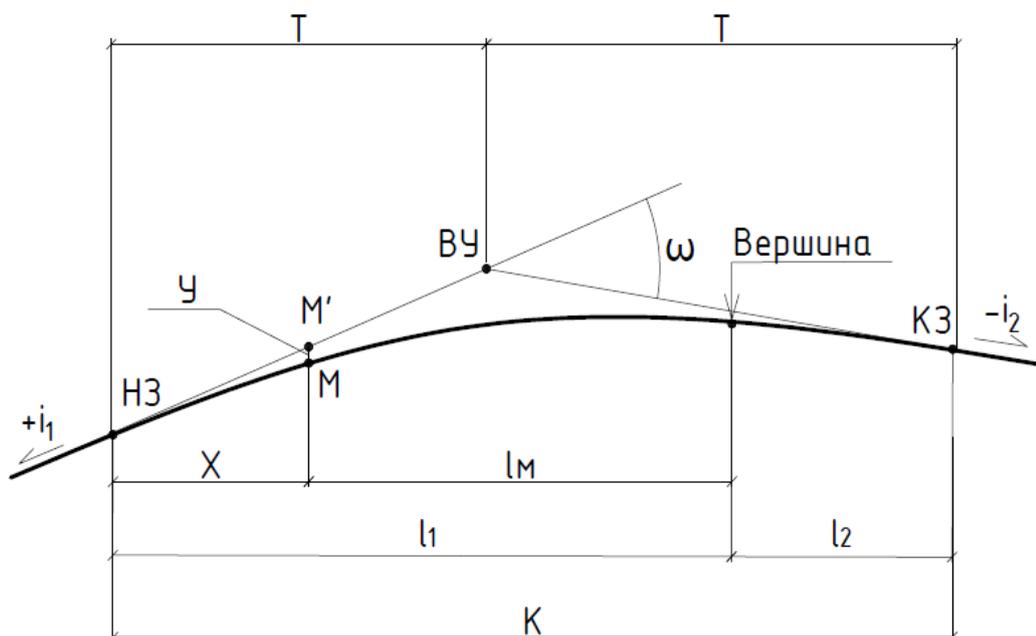


Рисунок 1 - Схема к расчету вертикальной кривой

$$D = 2T - K = 0; \quad \text{тогда} \quad T = 0,5K.$$

Длину вертикальной кривой радиусом  $R$  определяют по формуле:

$$K = \omega \cdot R = [i_1 - (-i_2)] \cdot R;$$

Пикетное положение начала и конца кривой вычисляют по следующей зависимости:

$$НЗ = ВУ - T; \quad КЗ = ВУ + T.$$

Высотные отметки начала и конца закругления определяют по формуле:

$$Н_{НЗ} = Н_{ВУ} - T \cdot i_1; \quad Н_{КЗ} = Н_{ВУ} + T \cdot (-i_2).$$

Вертикальные кривые бывают выпуклые и вогнутые.

Точка на вертикальной кривой с наибольшей или наименьшей отметкой называют вершиной кривой (выпуклой или вогнутой).

Если продольные уклоны смежных прямолинейных участков проектной линии разного знака ( $+i_1, -i_2$  или  $-i_1, +i_2$ ), то вершина расположена в пределах участка вертикальной кривой (Рис. 2).

Если продольные уклоны прямолинейных участков имеют одинаковый знак, то вершина расположена за пределами кривой

Если уклон  $i_1$  по абсолютной величине больше уклона  $i_2$  ( $|i_1| - |i_2| > 0$ ), то вершина кривой находится *после* конца закругления. (Рис. 3).

Если уклон  $i_1$  по абсолютной величине меньше уклона  $i_2$  ( $|i_1| - |i_2| < 0$ ), то вершина кривой находится *до* начала закругления. (Рис. 4).

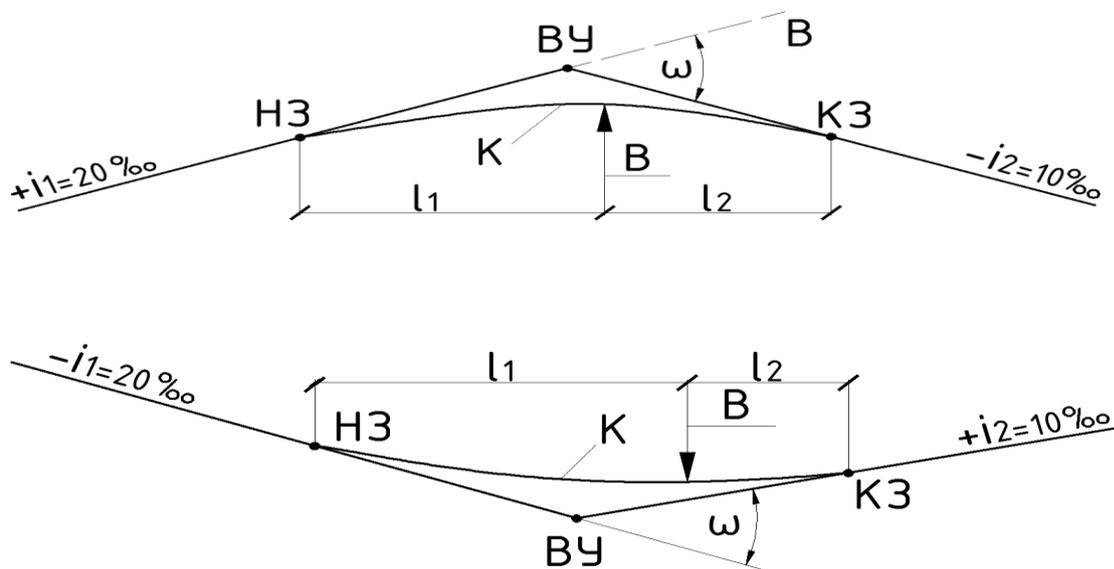


Рисунок 2 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой

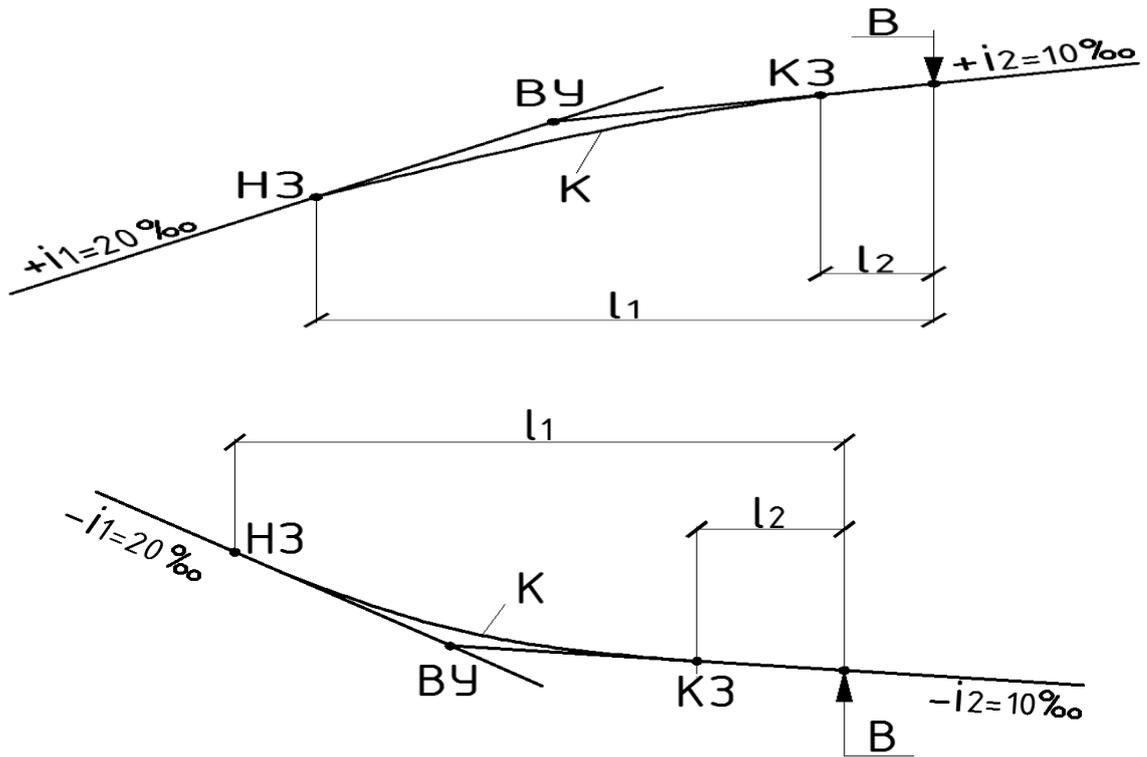


Рисунок 3 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой после конца закругления.

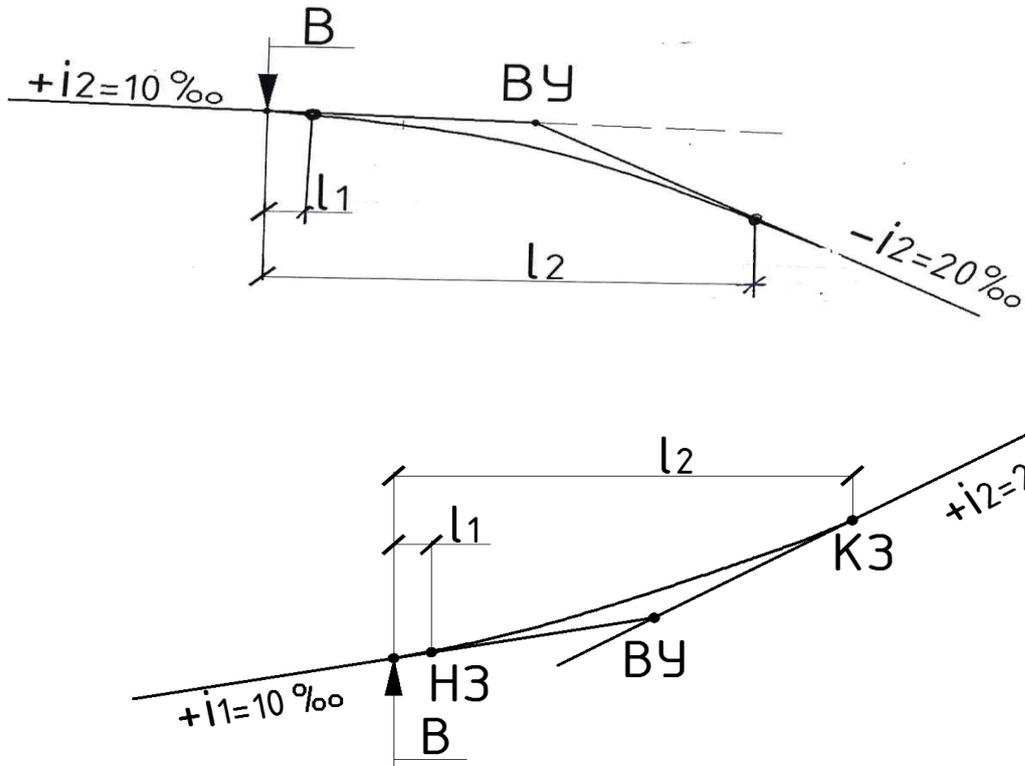


Рисунок 4 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой до начала закругления.

Пикетное положение вершины вертикальной кривой определяют по формулам:

- при расположении вершины в пределах вертикальной кривой (Рис. 2):  

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} - l_2;$$
- при расположении вершины после конца кривой (Рис. 3):  

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} + l_2;$$
- при расположении вершины до начала кривой (Рис. 4)  

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} - l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} - l_2,$$

где  $l_1, l_2$  – расстояние от начала, конца вертикальной кривой до вершины, определяют по формулам:

$$l_1 = |i_1| R; \quad l_2 = |i_2| R,$$

где  $|i_1|; |i_2|$  – абсолютная величина уклонов касательных к началу и концу закругления в долях единицы.

Высотные отметка вершины вертикальной кривой определяют по формулам:

$$H_B = H_{\text{НЗ}} \pm l_1^2 / (2R); \quad H_B = H_{\text{КЗ}} \pm l_2^2 / (2R);$$

Знак плюс принимают в формуле для выпуклых кривых и знак минус – для вогнутых кривых (Рис.5).

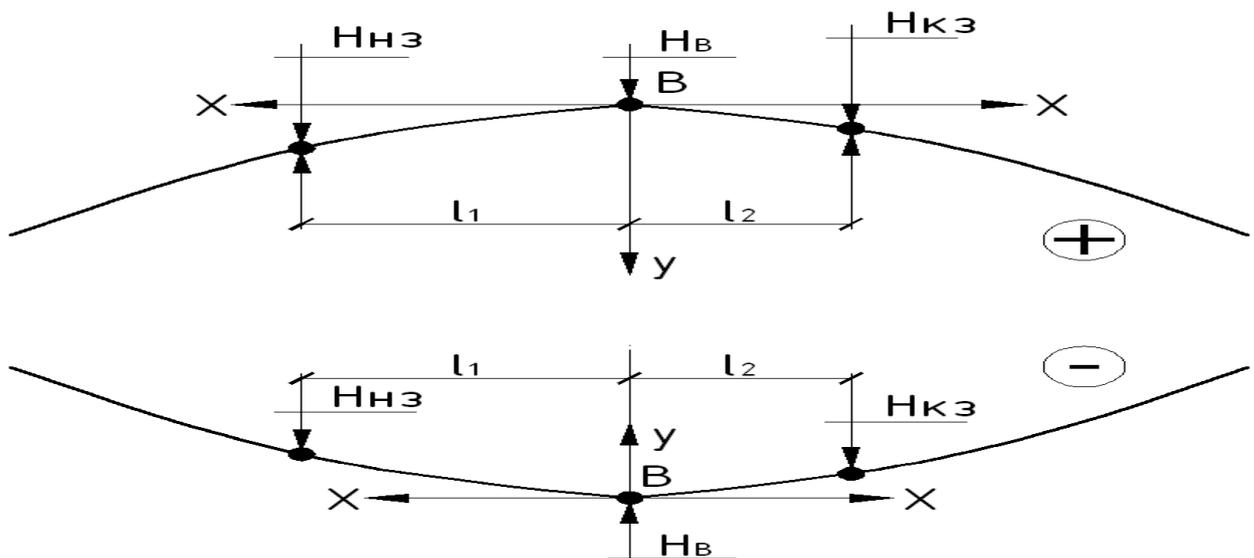


Рисунок 5 – Схема определения отметок вершины кривой

Отметки промежуточных точек на вертикальной кривой вычисляют двумя способами.

**Первый способ.** Начало декартовых координат располагается в вершине кривой в точке В, (рис. 6).

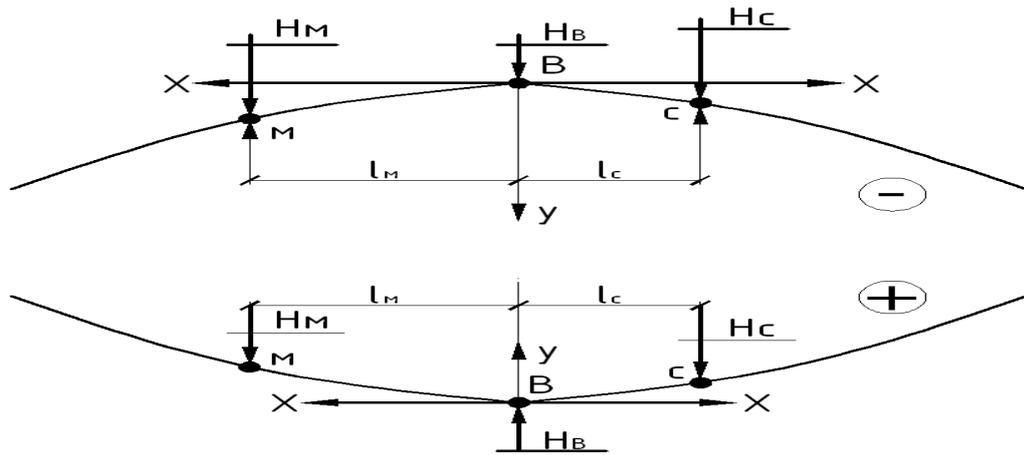


Рисунок 6 - Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой по первому способу.

Отметки промежуточных точек вычисляются по формуле:

$$H_M = H_B \pm l_M^2 / (2R),$$

где  $l_M$  - расстояние от вершины вертикальной кривой до промежуточной точки  $M$ ;

$H_B$  - отметка точки в вершине  $B$ ;

$R$  - радиус вертикальной кривой.

Знак минус принимают для выпуклых кривых, а знак плюс - для вогнутых кривых.

**Второй способ.** Начало декартовых координат  $xu$  располагается в начале или конце закругления, а ось  $x$  направляется по касательной к вертикальной кривой в точке  $HЗ$  или  $KЗ$  (рис. 7).

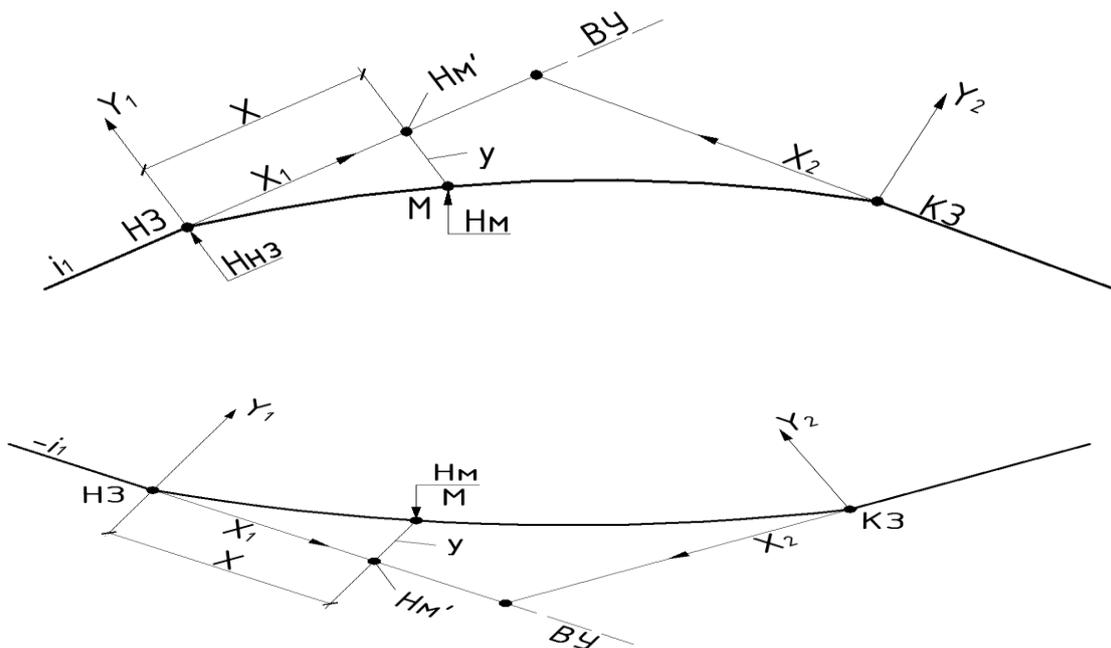


Рисунок 7 - Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой по второму способу.

Отметки промежуточной точки на вертикальной кривой вычисляют по формуле

$$H_M = H_{H3} + xi_1 \mp x^2/(2R),$$

где  $x$  – расстояние от начала координат до промежуточной точки на кривой;

$i_1$  – уклон касательной к вертикальной кривой в начале координат с учетом знака в направлении оси  $x$ .

Знак минус перед последним слагаемым принимается для выпуклых кривых, а знак плюс для вогнутых кривых.

Если полученные рабочие отметки неудачны, например, в промежуточных точках не соблюдается необходимое возвышение низа дорожной одежды над уровнем источников увлажнения или дорога на значительной протяженности проходит в мелкой выемке, изменяют положение проектной линии.

## Тема 1.7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ

*Глубина кювета. Проектирование кювета в выемке. Проектирование кювета на участке низкой насыпи.*

Для обеспечения водоотвода на продольном профиле необходимо запроектировать кюветы. Кюветы - это боковые канавы, расположенные параллельно оси дороги. Они предназначены для сбора и отвода воды, стекающей с проезжей части, обочин, а также откосов земляного полотна. Кюветы устраивают в выемках, на участках низких насыпей, где высота насыпи меньше глубины кювета.

Глубина кювета - расстояние от бровки обочины до дна кювета. Требуемую глубину кюветов назначают в зависимости от вида грунта, конструкции дорожной одежды и продольного уклона (Рис 1).

При наличии в дорожной одежде дренирующего слоя глубина кювета должна быть такой, чтобы низ дренирующего слоя дорожной одежды был выше дна кювета на 0,1- 0,2м.

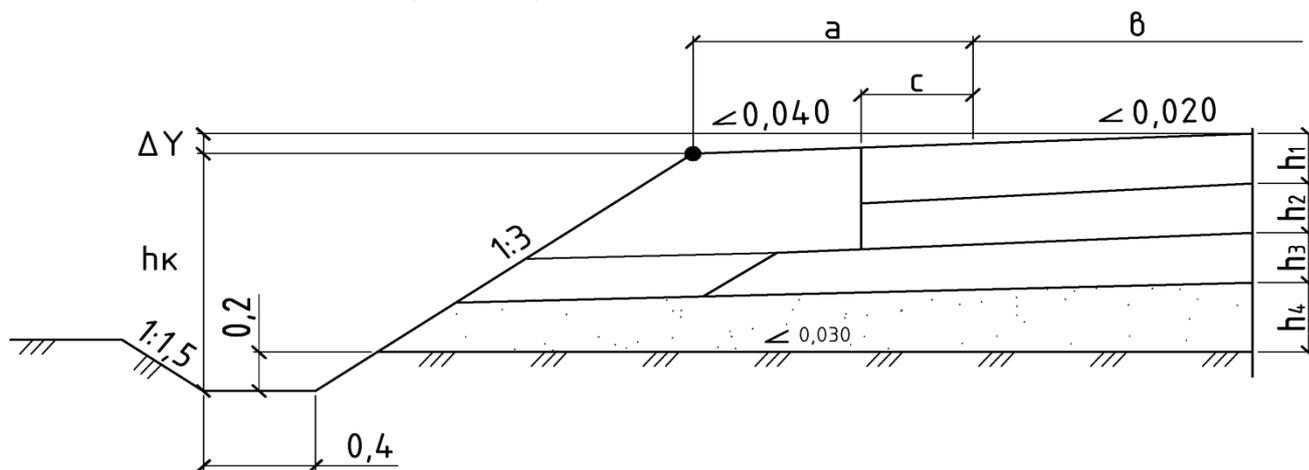


Рисунок 1 - Схема определения глубины кювета.

При отсутствии дренирующего слоя глубина кювета должна быть не менее 0,6м в супесях не пылеватых, не менее 0,8м в суглинках и глинах, не менее 0,9м в пылеватых грунтах.

Минимальный уклон дна кювета должен быть не менее 5‰, в исключительных случаях 3‰.

Проектирование кюветов включает:

- 1) проектирование продольного профиля дна кювета;
- 2) назначение укрепления кюветов.

При проектировании продольного профиля дна кювета возможны два случая:

1. Уклон проектной линии на участке дороги, где необходим кювет, составляет более 5‰.
2. Уклон проектной линии менее 5‰.

В первом случае дно кювета располагают параллельно проектной линии ниже бровки обочины на глубину кювета  $h_k$ .

Возможны два варианта проектирования кювета с уклоном более 5‰.: в выемке (Рис.2) и на участке низкой насыпи (Рис.3).

### Проектирование кювета в выемке

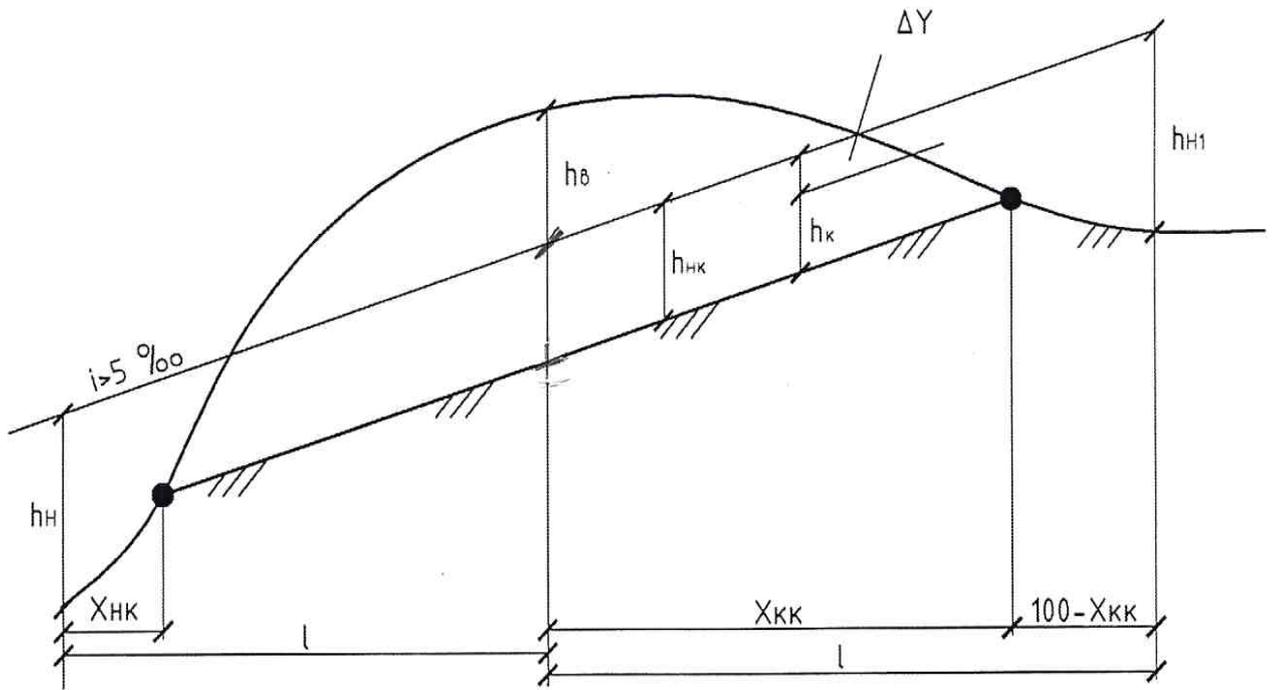


Рисунок 2 - Схема определения положения начала и конца кювета в выемке на участке с продольным уклоном больше 5‰.

Определение положения начала и конца кювета в выемке на участке с продольным уклоном больше 5‰ производят в следующей последовательности:

- 1) Определяют глубину кювета в зависимости от толщины дорожной одежды.

$$h_k = h_{д.о} + 0,2;$$

- 2) Определяют глубину кювета в зависимости от типа грунта.
- 3) В дальнейших расчетах принимают большее значение глубины кювета.
- 4) Вычисляют высоту насыпи, при которой начинается или заканчивается кювет.

$$h_{нк} = h_k + \Delta Y;$$

где  $h_k$  – принятая глубина кювета;

$\Delta Y$  – разность отметок оси дороги и бровки обочины

$$\Delta Y = i_n (0,5b + c) + i_o (a - c);$$

где  $i_n$ ,  $i_o$  – поперечные уклоны проезжей части и обочины;

$b$  – ширина проезжей части двух полосной дороги;

$a$ ,  $c$  – ширина обочины и укрепленной полосы.

- 5) Определяют положение начала кювета.

Если  $h_n > h_{нк}$ , то расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_n$  до начала кювета определяют по формуле.

$$X_{НК} = \ell \cdot \frac{h_{Н1} - h_{НК}}{h_{Н1} + h_{В}},$$

б) Определяют положение конца кювета.

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_{В}$  до конца кювета определяют по формуле.

$$X_{КК} = \ell \cdot \frac{h_{В} + h_{НК}}{h_{В} + h_{Н1}},$$

Для проверки расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле

$$X_{КК} = 100 - \ell \cdot \frac{h_{Н1} - h_{НК}}{h_{Н1} + h_{В}},$$

### Проектирование кювета на участке низкой насыпи

Положение начала и конца кювета на участке низкой насыпи с продольным уклоном больше 5‰ определяют в следующей последовательности.

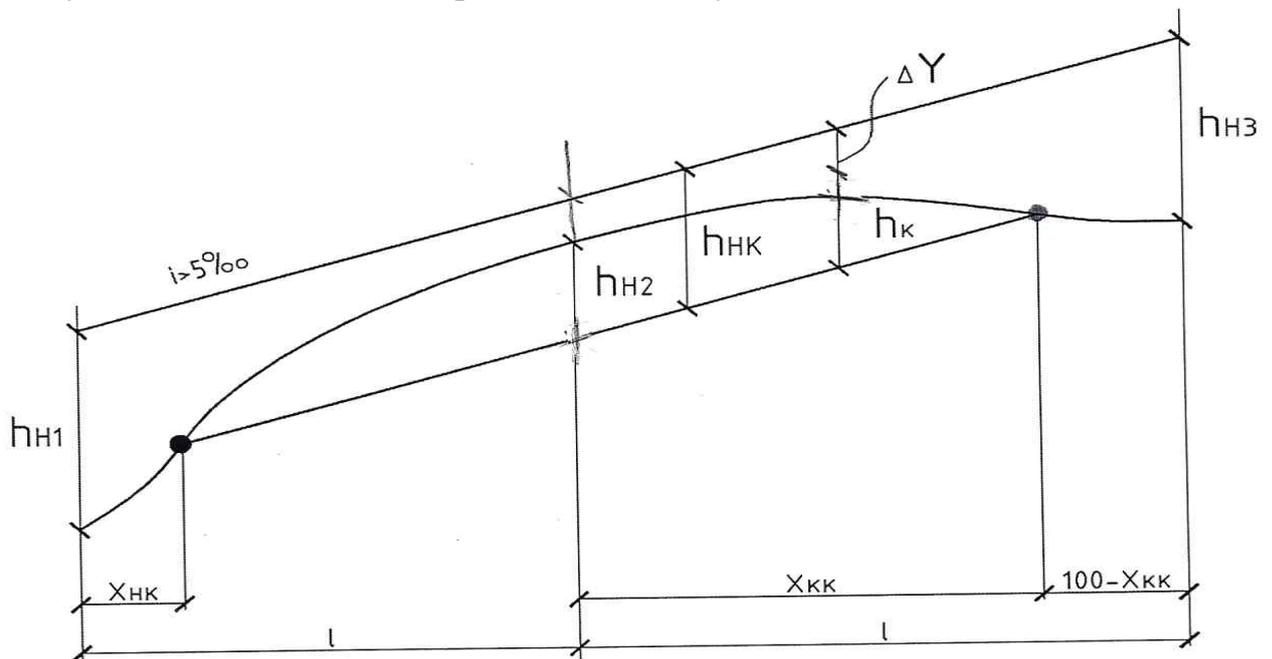


Рисунок 3 - Схема определения положения начала и конца кювета на участке низкой насыпи с продольным уклоном больше 5‰.

Вычисляют высоту насыпи, при которой начинается или заканчивается кювет.

$$h_{нк} = h_k + \Delta Y;$$

Если  $h_{н2} < h_{нк}$ , то начало кювета будет располагаться между поперечниками с рабочими отметками  $h_{н1}$  и  $h_{н2}$

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_{н1}$  до начала кювета определяют по формуле.

$$X_{нк} = l * \frac{h_{н1} - h_{нк}}{h_{н1} - h_{н2}},$$

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_{н2}$  до конца кювета определяют по формуле.

$$X_{кк} = l * \frac{h_{нк} - h_{н2}}{h_{н3} - h_{н2}},$$

Для проверки расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле

$$X_{кк} = 100 - l * \frac{h_{н3} - h_{нк}}{h_{н3} - h_{н2}},$$

При уклоне кювета более 5% на продольном профиле графы 6 и 9 не заполняют, а в графах 5 и 8 указывают глубину кювета (например,  $h_k = 0,8$ ) и расстояние до ближайшего пикета от начала и конца кювета.

## Тема 1.8 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

*Классификация дорожных одежд. Назначение и виды конструктивных слоев дорожных одежд. Влияние погодных-климатических факторов на работу дорожных одежд. Влияние параметров транспортной нагрузки на работу дорожных одежд. Понятие о расчетном автомобиле. Общие положения конструирования дорожных одежд. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба.*

Дорожная одежда - конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно. Состоит дорожная одежда из отдельных слоев и предназначена для восприятия и перераспределения транспортной нагрузки до уровня допустимой из условия прочности грунта земляного полотна. Стоимость дорожной одежды может составлять до 70% всей

стоимости строительства. Дорожная одежда укладывается на земляное полотно и вместе образует дорожную конструкцию (Рис. 1).

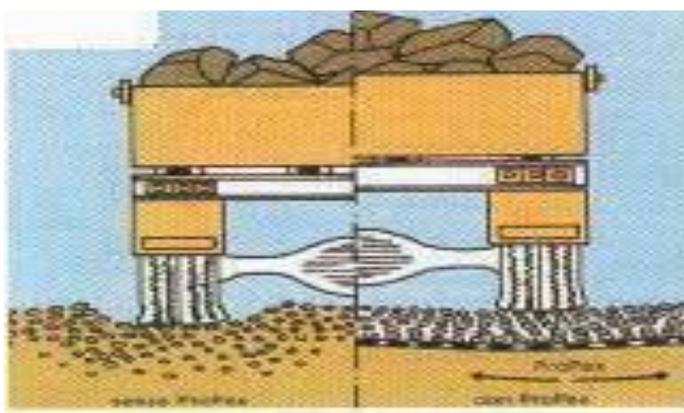


Рисунок 1 – Слои дорожной одежды автомобильной дороги

Транспортные средства, движущиеся по грунтовой поверхности, вызывают напряжения в пределах 0,5-1,4 МПа, что существенно выше прочности грунтов. В результате на грунтовой дороге появляются пластические деформации (волны, гребенка, колеи) и движение по такой дороге становится затруднительным или невозможным.

Проезд по поверхности с низкой несущей способностью можно обеспечить путем уменьшения давления от транспортной нагрузки на грунт или устройством дорожного покрытия различной конструкции. Первый способ применяется на заболоченных участках и переувлажненных грунтах. В этих условиях используются шины сверхнизкого давления или гусеничные движители. Транспортные средства повышенной проходимости имеют малую скорость и грузоподъемность.

Обычно используют второй способ, реализуемый путем строительства дорожной одежды. Дорожная одежда перераспределяет напряжения по глубине, что приводит к снижению деформаций. (Рис.2).



а) б)

Рисунок 2. Схема распределения деформаций под колесом автомобиля:

а) – при отсутствии дорожной одежды; б) – при наличии дорожной одежды.

Так как давление от колеса автомобиля снижается по мере удаления от поверхности - дорожную одежду устраивают из нескольких слоев, прочность которых убывает с глубиной. Возможность использования в слоях дорожной одежды материалов различной прочности позволяет снизить стоимость строительства, поскольку менее прочные материалы имеют более низкую стоимость.

По особенностям напряженно-деформированного состояния, сопротивлению нагрузкам от транспортных средств и методам расчета дорожные одежды подразделяют на **жесткие и нежесткие**.

**Жесткие** дорожные одежды содержат материалы с высокими модулями упругости, к которым в основном относят цементобетон, и рассчитываются на небольшие допустимые деформации.

**Нежесткие** дорожные одежды имеют слои, содержащие органические вяжущие материалы, несвязанные материалы, укрепленные грунты. Величина допустимых деформаций и прогибов дорожной одежды под колесом автомобиля у нежестких дорожных одежд существенно выше.

Нежесткая дорожная одежда работает как слоистая система бесконечных в плане размеров со сплошным покрытием на упругом основании. К нежестким относят дорожные одежды с покрытием из материалов, обработанных органическими вяжущими веществами (асфальтобетоны), комплексными органическими и гидравлическими вяжущими веществами (битумные эмульсии и цемент), а также с покрытием из зернистых материалов (щебень, гравий, шлаки). Отличие между нежесткими и жесткими одедами заключается в методах расчета и в параметрах допустимых деформаций (прогибов) под колесом расчетного автомобиля. Поскольку соотношение между прочностью и модулем упругости материалов покрытия нежестких одежд значительно выше, чем жестких, толщина слоя покрытия нежесткой одежды существенно ниже (в среднем толщина асфальтобетонного покрытия составляет 10-15 см, цементобетонного- 20-26 см). Учитывая, что толщина слоев дорожной одежды нежесткого типа меньше, а также тот факт, что технология их ремонта значительно проще, чем цементобетонных покрытий более 90% протяженности автомобильных дорог в Республике Беларусь имеют асфальтобетонные покрытия.

По степени капитальности и срокам службы дорожные одежды подразделяют на следующие типы:

- **капитальный**, срок службы до капитального ремонта составляет 15-30 лет;
- **облегченный**, срок службы до капитального ремонта составляет 10-15 лет;
- **переходный**, срок службы до капитального ремонта составляет до 6 лет;
- **низший**.

Капитальность дорожной одежды определяется видом материала покрытия.

К **капитальному типу** относят покрытие дорожной одежды, устраиваемое из цементобетона (монолитного или сборного), горячего асфальтобетона марки I и II, мостовой брусчатой или мозаиковой на цементобетонном основании. Капитальный тип покрытия применяют на дорогах 1-3 категорий с интенсивным движением. Уровень надежности подобных покрытий составляет 90-95%. Расчетный срок службы составляет 15 лет для нежестких и 30 лет для жестких дорожных одежд.

**Облегченный тип** - усовершенствованное покрытие дорожной одежды, устраиваемое из горячего асфальтобетона марки III, теплых и холодных асфальтобетонных смесей, дегтебетонов, смесей на основе эмульсий, слоев по методу пропитки и смешения на месте. К облегченным покрытиям относятся также слои износа (поверхностная обработка), устроенные на покрытиях переходного типа. Уровень надежности облегченных покрытий 80-85%. Расчетный срок службы - 10 лет.

**Переходной тип** - покрытие, устраиваемое на дорогах IV-V категорий или при стадийном строительстве и используемое в дальнейшем как основание под усовершенствованные покрытия. К покрытиям переходного типа относятся: щебеночные и гравийные, покрытия из укрепленных грунтов вяжущими (жидким битумом, эмульсией, известью и т.д.), булыжные мостовые. Уровень надежности покрытий переходного типа составляет 60%. Расчетный срок службы - 6 лет.

**Низший тип** - покрытие из грунтов или грунтов улучшенных добавками гравия, извести, шлаков. Применяют на местных проездах, дорогах сельскохозяйственного назначения и т.д.

На мостах, путепроводах, виадуках, эстакадах дорожную одежду называют мостовым полотном. В основании мостового полотна находится не грунт, а пролетное строение моста. Конструкция дорожной одежды на мостах, путепроводах и других искусственных сооружениях имеет

определенные отличия от конструкции дорожной одежды автомобильной дороги. Дорожная одежда на мостах - это совокупность конструктивных элементов, воспринимающих действие подвижных нагрузок и передающих их на пролетное строение. В состав конструкции входят мостовое полотно и несущие элементы.

Напряжения, возникающие в дорожной одежде при проезде автомобилей, затухают по глубине (Рис.3). Это позволяет проектировать дорожную одежду многослойной, используя в отдельных ее слоях материалы различной прочности в соответствии с действующими усилиями и интенсивностью влияния природных фактов.

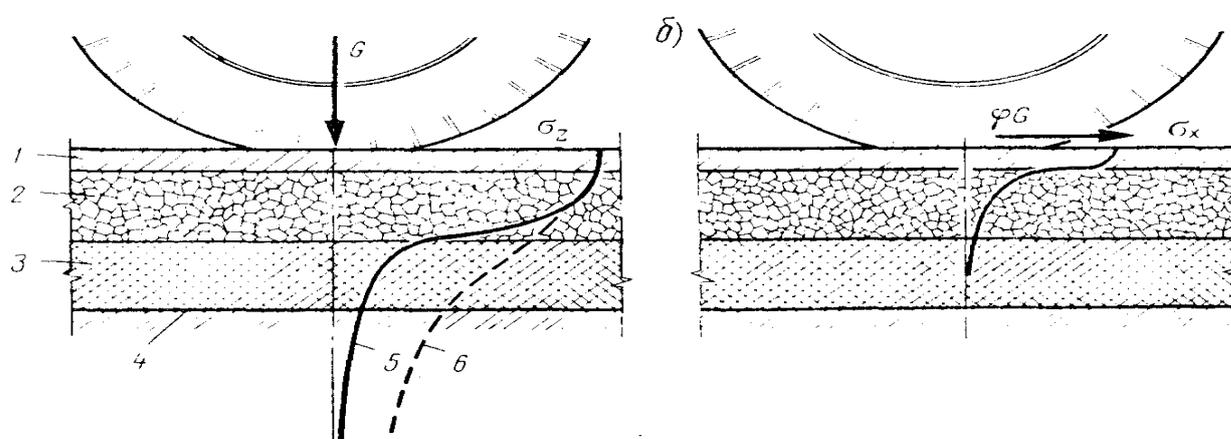


Рисунок 3 - Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде:  
 а— эпюра вертикальных напряжений б — эпюра горизонтальных напряжений;  
 1 - покрытие; 2 — основание; 3 — дополнительный слой основания;  
 4— подстилающий грунт; 5 — напряжения в дорожной одежде; 6— напряжения в однородном грунте.

В конструкции дорожной одежды различают следующие слои: покрытие, основание, дополнительный слой основания. (Рис. 4):



Рисунок 4 - Конструктивные слои дорожной одежды

- 1- Защитный слой (слой износа); 2-Верхний слой покрытия;  
 3- Нижний слой покрытия; 4- Верхний слой основания;  
 5- Нижний слой основания; 6- Дополнительный слой основания.

Данные элементы могут быть однослойными и многослойными и различны по составу и свойствам материалов.

**Покрытие** - верхняя часть дорожной одежды, состоящая из одного или нескольких слоев, непосредственно воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся прямому воздействию атмосферных факторов. Покрытие наиболее прочный слой дорожной одежды, воспринимающий непосредственное воздействие нагрузки, атмосферных факторов и определяющий основные транспортно-эксплуатационные качества дороги. Покрытие может быть одно-, двух- и трехслойным.

В конструкции покрытия помимо основного слоя, определяющего его эксплуатационные качества, часто предусматривается слой защитный, не учитываемый при расчете дорожной одежды. Защитный слой увеличивает шероховатость и водонепроницаемость покрытия.

В нежестких дорожных одеждах в качестве покрытия в основном используются различные разновидности асфальтобетона. Верхний слой покрытия устраивают из плотного мелкозернистого асфальтобетона. Нижний слой укладывают из пористого или высокопористого крупнозернистого асфальтобетона. Это связано с тем, что верхний слой испытывает более интенсивное воздействие погодных-климатических факторов, осадков в виде

дождя и снега, промерзания покрытия зимой и нагревания до температуры 50 и более градусов летом в жаркие дни. Пористые смеси обладают большой устойчивостью к пластическим деформациям - образованию колеи в летний период года и повышенной устойчивостью к хрупким деформациям – образованию трещин при отрицательных температурах.

Защитный слой – верхний тонкий слой дорожного покрытия (до 3 см), обладающий высокой шероховатостью и водонепроницаемостью. Может устраиваться одновременно с устройством покрытия дорожной одежды, или через определенные промежутки его службы (обычно 3-6 лет). Основное назначение защитного слоя - предохранение материала дорожного покрытия от непосредственного воздействия погодно-климатических факторов и транспортной нагрузки и продление тем самым срока его службы. Устраивают его в виде поверхностной обработки, литых эмульсионно-минеральных смесей, горячего асфальтобетона специального состава. Защитный слой также обязателен, если в верхнем слое покрытия используются мало щебенистые или песчаные асфальтобетоны. Обусловлено это низкой шероховатостью подобных материалов. В таких случаях защитные слои устраиваются через 3-6 лет после устройства покрытия.

Нижний, несущий слой покрытия предназначен для восприятия максимальных касательных и растягивающих напряжений, перераспределения и снижения давления от транспортной нагрузки. Его устраивают из прочных и достаточно жестких материалов.

**Основание дорожной одежды** - часть конструкции дорожной одежды автомобильной дороги, 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.

Основание может состоять из двух слоев: верхнего, сооружаемого из более прочных материалов (обычно укрепленных вяжущими), и нижнего, к материалам которого предъявляют менее жесткие требования в отношении прочности. В состав основания в ряде случаев включают дополнительный слой основания.

Основание может быть устроено из щебня, гравия, песчано-гравийных смесей, укрепленных грунтов, цементобетона и др.

**Дополнительный слой основания** - слой между несущим основанием и подстилающим грунтом на участках с неблагоприятными погодно-

климатическими и грунтово-гидрологическими условиями, обеспечивающие морозоустойчивость и (или) дренирование дорожной одежды и рабочего слоя.

**Дренирующий слой** - конструктивный слой дорожной одежды, обеспечивающий осушение верхнего слоя земляного полотна в период избыточного увлажнения, что способствует повышению прочности и надежности дорожной одежды. Функции дренирующего слоя выполняет также подстилающий слой. Дренирующий слой обеспечивает осушение верхнего слоя земляного полотна в период избыточного увлажнения, что способствует повышению прочности и надежности дорожной одежды. Его устраивают из песков или песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сутки. Толщину дренирующего слоя рассчитывают из условия своевременного отвода всей воды (атмосферных осадков, грунтовых вод), поступающей в район верхнего слоя земляного полотна. Дренирующий слой обычно устраивают на всю ширину земляного полотна с целью отвода поступившей воды на откос (Рис. 6).

**Подстилающий слой** - нижний конструктивный слой дорожной одежды, выполняющий функции передачи нагрузок на земляное полотно, а также функции морозозащитного и дренирующего слоев. Подстилающий слой обычно устраивают из песков и песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Если земляное полотно представлено песчаными грунтами с вышеуказанным коэффициентом фильтрации, то подстилающий слой дорожной одежды не устраивают.

Толщина подстилающего слоя должна обеспечить требования морозозащиты и осушения (дренажа) земляного полотна. То есть его толщина должна быть не менее толщины дренирующего и морозозащитного слоев.

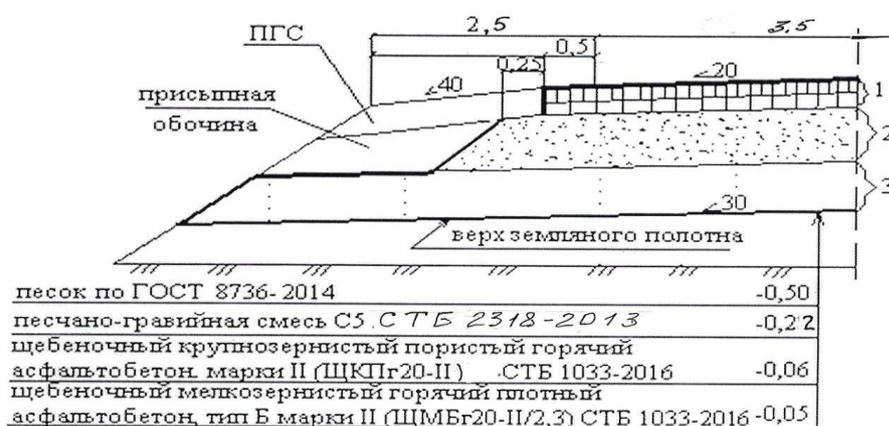


Рисунок 6 - Поперечный профиль дорожной одежды с дренирующим слоем;

1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой;

**Морозозащитный слой** обеспечивает недопущение деформаций покрытия вследствие морозного пучения грунта земляного полотна. Поскольку снижение морозного пучения достигается за счет увеличения толщины дорожной одежды, то функцию морозозащитного слоя выполняет подстилающий слой как наиболее дешевый. Если толщина морозозащитного слоя получается достаточно большой, в проектах могут быть предусмотрены специальные мероприятия по повышению морозозащиты (устройство теплоизолирующих прослоек).

## **Тема 10 Проектирование водопропускных сооружений на дорогах**

*Определение характеристик малого водотока. Определение расчетного расхода ливневых вод. Определение диаметра железобетонной водопропускной трубы. Определение длины трубы.*

Водопропускные трубы устраивают в местах пересечений автомобильной дороги с ручьями, оврагами, низкими местами, по которым стекает вода от дождей или таяния снега. Количество труб на 1 км дороги зависит от климатических условий района и рельефа местности. В условиях Беларуси среднее количество водопропускных труб на 1 км дороги составляет для равнинного рельефа 05-07 шт, для холмистого – 0,7-1,2 шт (в среднем 1 труба на 1 км дороги)

Стоимость водопропускных сооружений составляет около 10% от общей стоимости автомобильной дороги усовершенствованным капитальным типом дорожной одежды.

Более 95 % водопропускных сооружений, строящихся на автомобильных дорогах, составляют трубы. Они не меняют условия движения автомобилей, не стесняют проезжую часть обочин, не требуют изменения типа дорожной одежды. Водопропускные трубы устраивают из сборных железобетонных элементов небольшой массы, что позволяет применять краны малой грузоподъёмности.

Для увеличения водопропускной способности без увеличения диаметра звеньев труб и высоты насыпи устраивают многоочковые трубы. Они состоят из уложенных рядом нескольких труб, но не более четырёх. Если по расчёту требуется устройство большего числа труб, то в этих условиях следует проектировать малые мосты.

По длине звена трубы подразделяют: короткомерные (длина звена 1.0 м) и длинномерные (длина звена 2,5 и 5м). Внутренний диаметр короткомерных

труб равен 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0 м. Круглые длинномерные трубы могут иметь отверстия 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м.

Трубы с отверстием 0,6 м применяют только на примыкании при длине до 10 м и с уклоном более 10 %. Длина труб отверстием 0,8 м ограничена до 15 м. Длина труб диаметром 1,0 м не должна превышать 30 м.

В Республике Беларусь применяют трубы железобетонные безнапорные. Звенья этих труб в зависимости от типа основания, степени уплотнения грунта у трубы и высоты насыпи разделены на группы по несущей способности: 1 и 2 для диаметров 0,6 и 0,8 м; 1,2,3,4 – для диаметров 1,0; 1,2; 1,4 и 1,6 м.

Обозначение трубы состоит из букв и цифр. Буквы ТВ обозначают - трубы водопропускные. Первая цифра обозначает внутренний диаметр в сантиметрах, вторая цифра – расчётную длину в дециметрах и третья цифра – группу звена по несущей способности (чем выше насыпь, тем больше группа звена по несущей способности).

Например, обозначение **ТВ 120, 25 -2** показывает, что внутренний диаметр трубы составляет 1,2м, длина трубы 2,5м и группа звена по несущей способности - вторая.

В зависимости от глубины подтопления и типа входного оголовка в трубах могут устанавливаться следующие режимы протекания.

Безнапорный режим, если подпор воды меньше высоты трубы на входе, либо превышает его не более чем на 20%. На всём протяжении трубы водный поток имеет свободную поверхность.

Полунапорный режим устанавливается при оголовках порталного и раструбного типа в тех случаях, когда подпор воды превышает высоту трубы на входе более чем на 20%. На входе труба работает полным сечением, а на всём остальном протяжении поток имеет свободную поверхность.

Напорный режим устанавливается в специальных входных оголовках обтекаемой формы и при подтоплении верха трубы на входе более чем на 20%. На большей части длины труба работает полным сечением и лишь у входа поток может отрываться от потолка трубы.

При проектировании трассы автомобильной дороги возникает необходимость пересечения различных водотоков (ручьев, рек).

Водотоки бывают периодического действия (сухой лог) - весной во время таяния снега, летом и осенью во время ливня, а также в период затяжных дождей и постоянного действия (ручей, река).

Водотоки делятся на малые (суходолы, ручьи) и большие (реки). На малых водотоках расчетный расход определяют по эмпирическим формулам.

В равнинной местности воду, протекающую по водотоку, пропускают под автомобильной дорогой с помощью водопропускных сооружений.

В качестве водопропускных сооружений на автомобильных дорогах, пересекающих малые водотоки, применяют круглые и прямоугольные трубы и малые мосты (длиной до 25м).

Основной характеристикой водотока является площадь водосбора, определяемая в квадратных километрах. Площадь водосбора ограничивается линией водораздела с одной стороны и автомобильной дорогой с другой.

Площадь водосбора определяют по карте в горизонталях по линии водораздела.

Характеристиками водотока являются:

- площадь водосбора и составляющие ее площади леса, озера, болот-  $F$ , км<sup>2</sup>;
- длина лога –  $L$ , км;
- средний уклон лога –  $I_0$ , ‰;
- уклон лога у сооружения –  $I_c$ , ‰;

Длину лога устанавливают по плану водосбора

Средний уклон лога определяют по формуле:

$$I_0 = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

где  $H_1$  – отметка начало водосборного бассейна, м;

$H_2$  – отметка у водопропускной трубы, м;

$L$  - длина лога, м.

Уклон лога у сооружения определяют по формуле

$$I_c = \frac{H_{200} - H_{100}}{300}$$

где  $H_{200}$  – отметка на расстоянии 200м вверх по логу от сооружения, м;

$H_{100}$  – отметка на расстоянии 100м вниз от сооружения, м;

300 – расстояние между отметками, м.

## **РАЗДЕЛ II. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

### **Тема 2.1 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Организация строительства автомобильных дорог. Поточный способ*

*производства дорожно-строительных работ. Характеристика грунтов по трассе. Определение объемов насыпей. Определение объемов выемок. Определение объемов присыпных обочин. Определение объемов планировочных работ.*

Организация строительства автомобильной дороги включает комплекс мероприятий, направленных для достижения поставленных задач в плановые сроки при эффективном использовании производственных ресурсов, соблюдения требований качества работ и охраны окружающей среды.

Подрядным способом выполняют свыше 90 % общего объема строительных работ. При подрядном способе работы выполняют строительные организации на основе договора подряда с организациями застройщиками.

Организация застройщик, выступающая в качестве заказчика, получает для строительства определенного объекта капитальные вложения, контролирует качество работ и сроки сдачи объекта в эксплуатацию.

Строительная организация, выступающая в качестве подрядчика, должна располагать современным оборудованием, кадрами соответствующих специальностей и лицензией на право выполнения определенных видов работ.

Дорожно–строительные организации подразделяют по виду работ:

- 1) ДСУ- дорожно-строительное управление;
- 2) МСУ- мосто-строительное управление;
- 3) Специализированное управление по производству отдельных видов работ.

Трудность организации дорожных работ состоит в распределении их на значительные расстояния, что требует применения передвижных механизмов, создания временных передвижных производственных предприятий: асфальтобетонных, цементобетонных и камнедробильных баз. Дорожное строительство находится в большой зависимости от климатических условий, что усложняет организацию производства работ.

Для каждого строительного объекта разрабатывают проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). Проект организации строительства составляет проектная организация и согласовывает с генеральным подрядчиком. Утверждают проект организации строительства одновременно с техническим паспортом.

**Проект организации строительства** включает:

- календарный план и линейный график организации строительства;
- генеральный план строительства с расположением предприятий производственной базы, путей сообщения и баз снабжения;

- сведения об объемах подготовительных, строительного- монтажных и транспортных работ с распределением по годам строительства;
- данные о потребности в дорожно-строительных материалах, оборудовании и транспорте;
- данные о потребности в строительных кадрах.

Проект организации строительства на объект разрабатывают в целом на весь период строительства. Если работы продолжаются больше 1 года, то намечают объем основных работ отдельно по каждому году.

Проект организации строительства используют:

- для составления смет;
- для планирования объема капитальных вложений;
- для планирования работ по подготовке кадров;
- для оформления отвода земель;
- для оформления договоров на снабжение материалами и оборудованием;
- для определения необходимой производственной мощности строительных организаций.

Проект производства работ составляет подрядная организация, утверждает главный инженер генеральной подрядной организации.

**Проект производства работ** включает:

- календарные планы и детальные линейные графики производства работ;
- генеральный план строительства с уточненным расположением производственных баз и бах снабжения;
- сведения о конструкции и объеме возводимых сооружений;
- графики потребности основных строительных машин, транспорта и рабочих;
- графики поступления на строительство материалов, оборудования и готовых изделий;
- технологические карты и схемы производства работ с указаниями по технике безопасности и охране труда.

Проект производства работ разрабатывают на весь объем в целом, а при необходимости на наиболее сложные его участки.

**Технологические карты**, входящие в состав проекта производства работ, являются комплексным нормативным документом по организации и технологии отдельных строительных процессов. Они устанавливают наиболее рациональный для данных условий состав отряда дорожных машин, строительного оборудования, специальных приспособлений и инструментов,

рассчитанных на использование их во взаимной увязке с наибольшей производительностью. Технологические карты делят на типовые и рабочие.

**Типовые технологические карты** содержат типовые решения по организации и технологии наиболее часто повторяющихся рабочих процессов с применением наиболее современных средств механизации работ, прогрессивных конструкций и способов выполнения работ, рассчитанных на средние условия производства работ.

**Рабочие технологические карты** разрабатывают для конкретных условий данной дорожно-строительной организации с учетом проектной документации, имеющихся в наличии машин, оборудования и дорожно-строительных материалов.

Рабочие технологические карты являются основным документом, которым руководствуются производители работ, бригады и мастера, осуществляющие эти работы.

Состав типовых технологических карт — единый для всех строительных организаций. В соответствии с ним составляют и рабочие технологические карты.

Технологическая карта содержит технико-экономические показатели и состав нормируемых строительных процессов, схему общей организации строительных работ. При составлении схем и карт необходимо устанавливать такой масштаб, чтобы совмещать все строительные процессы и рабочие операции на одном чертеже. В отдельных случаях прибегают к составлению частных схем-деталей, характеризующих выполнение отдельных рабочих операций, входящих в состав карты, с указанием границ захваток, перемещений машин и рабочих, фронта работ и т. д. При составлении карт необходимо устанавливать такой масштаб, чтобы совмещать все строительные процессы и рабочие операции на одном чертеже. Схему общей организации работ основывают на входящих в состав карты расчетах нормативной потребности в материальных и технических ресурсах, необходимых для выполнения всех рабочих операций с принятой последовательностью.

В технологических картах должны быть указания по организации и технологии выполнения данных рабочих операций со ссылкой на технические условия и нормы, должны быть приведены требования по технике безопасности, а также калькуляции стоимости выполнения работ на принятую единицу измерения в технико-экономические показатели эффективности принятой организации работ.

**Технологическую схему** составляют и вычерчивают как сумму последовательно работающих специализированных потоков. Для изображения

рабочей зоны и применяемых машин принимают поперечный масштаб 1:100 или 1:200.

Длина захваток в горизонтальном направлении (по длине дороги) должна быть равной 2-3-кратной ширине. На основе выбранного масштаба вычерчивают требуемое число захваток для изображения каждого специализированного потока с условными пропусками для технологических разрывов.

Для обеспечения полноты любой технологической схемы комплексного потока и правильности ее изображения необходимо строго руководствоваться формой плана специализированных потоков.

При составлении плана потока на каждой захватке необходимо:

расположить все применяемые машины, строго соблюдая масштаб, принятый для чертежа, в порядок технологической последовательности и направления движения потока;

показать на плане для каждой машины выполняемые ею проходы, которые должны быть пронумерованы. Если число проходов ограничено, они должны быть показаны все; при значительном числе повторяющихся проходов должны быть показаны повторяющиеся циклы (рабочий ход, повороты, обратный ход и установка в рабочее положение на новом месте с указанием общего количества таких циклов или проходов при захватке).

Все машины, выполняющие на захватке работы и разворачивающиеся при обратных продольных проходах, должны пройти всю захватку. В конце захватки необходимо изобразить разворот машины на соседней захватке. Если по технологическим условиям недопустим проезд по соседней захватке, должны быть показаны съезды с земляного полотна для разворота машины.

При расстановке машин и установлении технологической последовательности отделочных рабочих операций учитывают детали, обеспечивающие количество производства работ.

На каждой захватке условной штриховкой или красками изображают поверхность с различной стадией выполнения работ.

Для наглядности перед первой захваткой следует показать поперечный профиль, отражающий уровень работ, с которого начинается этот поток свою деятельность. В конце комплексного потока изображают поперечный профиль с указанием тех работ, какие выполнил данный комплексный поток. Все поперечные профили должны иметь соответствующие размеры.

Графу «Необходимые ресурсы» составляют на основании данных расчета потребного количества машин, материалов и т.д. В этой графе в разделе «Машины» приводят перечень всех машин, применяемых на захватках. При

нескольких однотипных машинах каждой из них должен быть придан определенный номер.

Против каждой машины в скобках указывают коэффициент ее использования на данной захватке.

При выполнении нескольких операций на одной захватке и при сложности расчетов по использованию машин на разных захватках одновременно с планом потока, по каждой захватке составляют почасовые графики использования машин с указанием их использования в смену по часам.

При двухсменной работе в случае, если не соблюдается идентичность работ в первой и второй сменах (например, в первую смену звено выполняет работы на двух захватках, а во вторую- не работает, или в первую смену устраивают только нижний слой, а во вторую только верхний слой (асфальтобетонное покрытие и т.п.), составляют графики развертывания и работы при двухсменной работе на ряд дней, достаточно характеризующих принятую технологическую схему работ.

Разделы

1. Общая часть
2. I - Указания по технологии производственного процесса.
3. II - Указания по организации труда
4. III – График выполнения производственного процесса.
5. IV – Калькуляция затрат.
6. V – Основные технико-экономические показатели.
7. VI – Материальные ресурсы.
8. VII – Карта операционного контроля качества работ.
9. VIII Положения техники безопасности производства работ.

### Определение объемов земляных работ

При организации работ по строительству участка автомобильной дороги необходимо знать объемы предстоящих земляных работ.

Объемы земляных работ включают в себя объемы насыпей, выемок, присыпных обочин, снимаемого плодородного слоя. Методика расчета объемов земляных работ приведена из методических указаний [10].

Для принятой конструкции дорожной одежды вычисляют ширину верха земляного полотна по формуле:

$$B = B_{\text{п}} + 2m (\Delta h - \Delta Y), \quad (1)$$

где  $B$  - ширина верха земляного полотна, м.;

$B_{\text{п}}$  - ширина земляного полотна (расстояние между бровками обочины), принимают в зависимости от категории дороги, м.;

$\Delta h$  - снижение бровки верха земляного полотна относительно оси проезжей части м, определяют по формуле 2;

$\Delta Y$  - разность отметок оси проезжей части и бровки обочины, определяют по формуле 4;

$m$  - заложение откоса насыпи;

$$\Delta h = H_1 + i_{3\text{п}} \cdot m \cdot H_1 + \Delta Y; \quad (2)$$

$$H_1 = H - (i_{\text{п}} - i_{3\text{п}}) \cdot (0,5b + c) - (i_0 - i_{3\text{п}}) \cdot (a - c), \quad (3)$$

где  $H$  - толщина дорожной одежды по оси проезжей части, м;

$i_{3\text{п}}$  - поперечный уклон верха земляного полотна ( $i_{3\text{п}} = 0,03$ );

$m$  - заложение откоса насыпи;

$i_{\text{п}}$  - поперечный уклон проезжей части ( $i_{\text{п}} = 0,02$ );

$b$  - ширина проезжей части дорог II-VI категорий, м;

$c$  - ширина укрепленной полосы, м;

$a$  - ширина обочины, м.

$\Delta Y$  - разность отметок оси дороги и бровки обочины:

$$\Delta Y = (0,5b + c) \cdot i_{\text{п}} + (a - c) \cdot i_0; \quad (4)$$

где  $i_0$  - поперечный уклон обочины ( $i_0 = 0,04$ );

Схема к определению объема насыпи и присыпных обочин приведена на рис. 1.

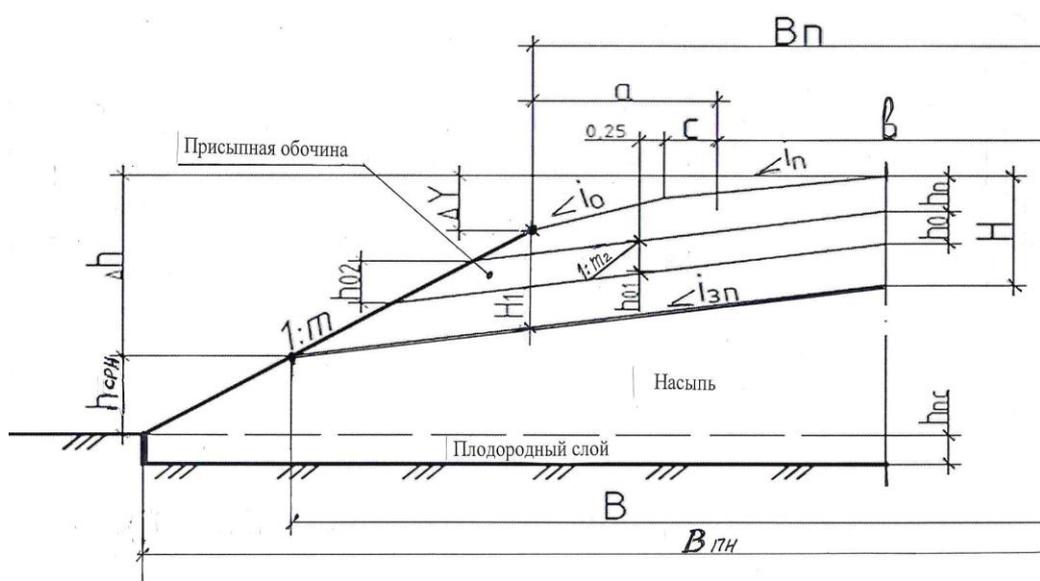


Рис.1- Схема к определению объема насыпи и присыпных обочин.

### Определение объемов насыпей

Объем насыпи высотой до 6,0 м определяют по формуле:

$$W_{\text{н}} = (Bh_{\text{срн}} + mh_{\text{срн}}^2 + 0,25 \cdot i_{3\text{п}} B^2) \cdot l_{\text{н}}, \quad (5)$$

где  $m$  – заложение откоса насыпи;

$h_{\text{срн}}$  – средняя высота насыпи земляного полотна;

$l_{\text{н}}$  – длина участка насыпи.

$$h_{\text{срн}} = 0,5 \cdot (h_{\text{н}1} + h_{\text{н}2}) - \Delta h, \quad (6)$$

где  $h_{\text{н}1}$  и  $h_{\text{н}2}$  – рабочие отметки на пикетах в начале и конце участка насыпи.

Объем плодородного слоя толщиной  $h_{\text{пс}}$ , снимаемого на участке насыпи определяют по формуле:

$$W_{\text{пс}} = B_{\text{пн}} \cdot l_{\text{н}} \cdot h_{\text{пс}} \quad (7)$$

где  $B_{\text{пн}}$  – ширина подошвы насыпи;

$$B_{\text{пн}} = B + 2 \cdot m \cdot h_{\text{срн}} \quad (8)$$

Общий объем насыпи с учетом объема плодородного слоя составит:

$$W_{\text{но}} = W_{\text{н}} + W_{\text{пс}}. \quad (9)$$

При высоте насыпи более 6 м объем насыпи определяют по формуле:

$$W_{\text{н}} = \left[ Bh_{\text{срн}} + mh_{\text{срн}}^2 + 0,25 \cdot i_{3\text{п}} B^2 + 0,25 \cdot (h_{\text{срн}} + \Delta h - 6)^2 \right] \cdot l_{\text{н}}$$

Объем плодородного слоя вычисляют по формуле:

$$W_{\text{пс}} = \left[ B + 2m \cdot (6 - \Delta h) + 2(m + 0,25) \cdot (h_{\text{срн}} + \Delta h - 6) \right] \cdot h_{\text{пс}} \cdot l_{\text{н}}$$

## Определение объемов выемок

Объем выемки (рис. 2) вычисляют по формуле:

$$W = (B_1 h_{срв} + m_1 h_{срв}^2 - 0.25 \cdot i_{зп} B^2) \cdot l_v \quad (10)$$

где  $B_1$  – ширина выемки по низу (рис. 2);

$h_{срв}$  – средняя глубина выемки;

$m_1$  – заложение откосов со стороны местности;

$i_{зп}$  – поперечный уклон верха земляного полотна ( $i_{зп} = 0,03$ );

$B$  – расстояние между бровками верха земляного полотна (см. рис. 3), вычисляют по формуле (1).

$l_v$  – длина участка выемки.

$$B_1 = B + 2 \cdot (m + m_1) \cdot (h_k - \Delta h + \Delta Y) + 2a_k, \quad (11)$$

где  $m$  – заложение откоса со стороны обочины;

$h_k, a_k$  – глубина и ширина кювета.

$$h_{срв} = 0,5 \cdot (h_{в1} + h_{в2}) + \Delta h, \quad (12)$$

где  $h_{в1}$  и  $h_{в2}$  – рабочие отметки на пикетах на концах участка выемки длиной  $l$ ;

$\Delta h$  – снижение бровки верха земляного полотна.

Объем плодородного слоя, снимаемого до разработки грунта выемки на участке длиной  $l$ :

$$W_{пс} = B_{рв} \cdot h_{пс} \cdot l_v, \quad (13)$$

$$B_{рв} = B_1 + 2 \cdot m_1 \cdot h_{срв}, \quad (14)$$

где  $B_{рв}$  – ширина выемки по верху (ширина раскрытия выемки), м;

$B_1$  – ширина выемки по низу, м;

$h_{пс}$  – толщина плодородного слоя, м.

Общий объем выемки без учета плодородного слоя составит:

$$W_{во} = W_B - W_{пс} \quad (15)$$

Схема к определению объема выемки приведена на рис. .2.

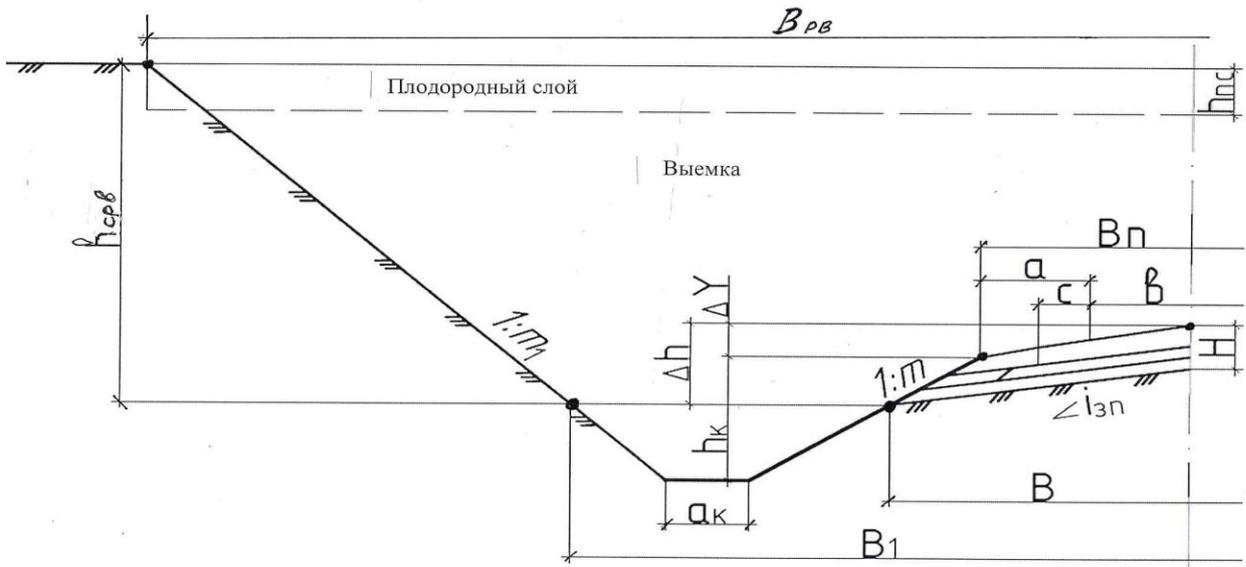


Рис. 24.2. Схема к определению объема выемки

На участке перехода насыпи в выемку (рис. 3) длину участка насыпи  $l_H$  определяют по формуле (16)

$$l_H = \frac{h_H - \Delta h}{h_H + h_B} l \quad (16)$$

Среднюю высоту насыпи на этом участке определяют по формуле 17 (рис. 3).

$$h_{срн} = 0,5 \cdot (h_H - \Delta h + 0) \quad (17)$$

Объем насыпи на участке перехода насыпи в выемку определяют по формуле (5).

Объем плодородного слоя, снимаемого на участке насыпи и общий объем насыпи с учетом плодородного слоя определяют по формулам (7-9).

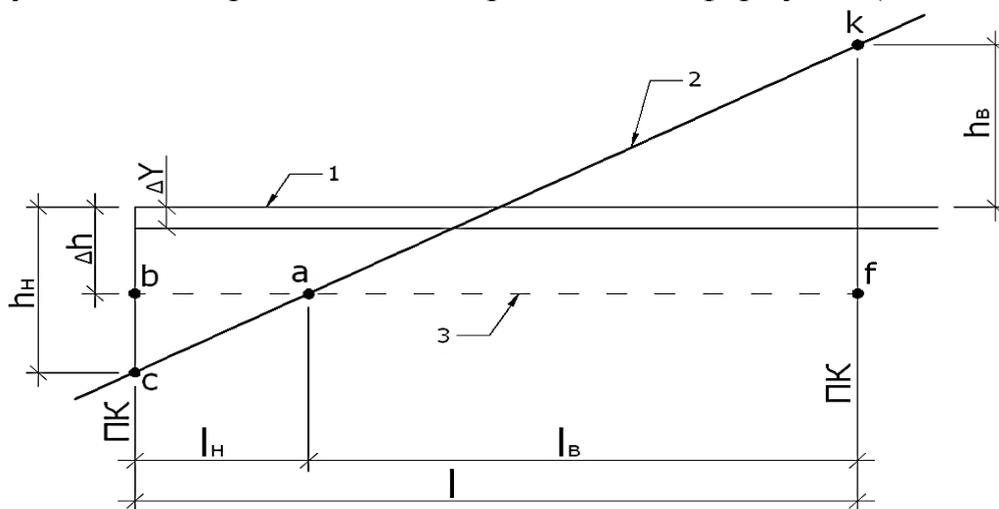


Рис. 3. Схема к определению длины участка насыпи  $l_H$  и выемки  $l_B$   
1 – проектная линия; 2 – черный профиль; 3 – бровка верха земляного полотна

На участке перехода насыпи в выемку (рис. 3) длину участка выемки  $l_{\text{в}}$  определяют по формуле (18).

$$l_{\text{в}} = \frac{h_{\text{в}} + \Delta h}{h_{\text{н}} + h_{\text{в}}} l . \quad (18)$$

Среднюю глубину выемки на этом участке определяют по формуле 19 (рис.3).

$$h_{\text{срв}} = 0,5 \cdot (0 + h_{\text{в}} + \Delta h) . \quad (19)$$

Объем выемки на участке перехода насыпи в выемку вычисляют по формуле (10).

Объем плодородного слоя, снимаемого до разработки грунта выемки на этом участке и общий объем выемки без учета плодородного слоя вычисляют по формулам 13- 15.

## **Тема 2.2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

### ***Технология производства подготовительных работ. Расчет объемов подготовительных работ.***

Подготовительные работы должны быть выполнены до начала основных работ по сооружению земляного полотна и устройства водопропускных труб.

В состав подготовительных работ входят:

- создание геодезической разбивочной основы;
- восстановление и закрепление трассы;
- расчистка полосы отвода;

Положение оси трассы на местности устанавливают и закрепляют в процессе изыскательских работ. Со временем часть знаков, указывающих положение оси трассы, утрачивается. Перед началом работ необходимо уточнить положение оси трассы на местности. Обеспечение геодезической разбивочной основы производит заказчик. Работы по восстановлению трассы выполняет проектная организация. Техническую документацию на геодезические работы заказчик должен передать подрядчику не позднее, чем за 15 дней до начала работ.

Геодезической разбивочной основой на местности является:

- начало и конец трассы;
- вершины углов поворота;
- главные точки на кривых (НКК, СКК, ККК);
- точки на прямых участках трассы (не реже чем через 1 км.);
- реперы вдоль трассы (не реже чем через 2 км).

Пикетные столбики и реперы имеют следующую конструкцию. (Рис.1)

Все знаки геодезической разбивочной основы регистрируют в специальном журнале. Надписи на реперах и пикетах делают масляной краской. Перед выполнением земляных работ производится детализация разбивочной основы.

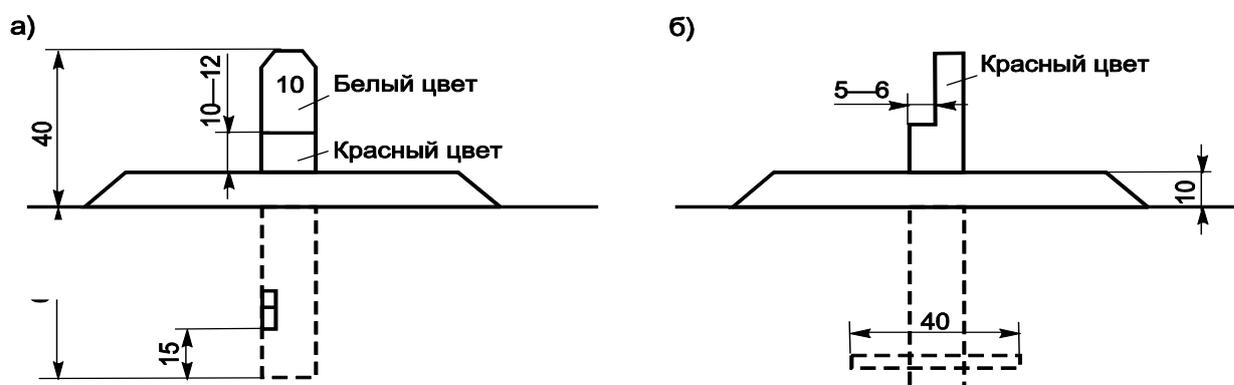


Рис. 1. Конструкция пикетного столбика и дополнительного репера:

*а* — вид с дороги; *б* — вид сбоку

В состав работ входят следующие операции:

- вынос на границу полосы отвода всех углов поворота;
- разбивка по трассе всех пикетов и плюсовых точек и вынос их на границу полосы отвода;
- закрепление вершин углов поворота;
- проверка отметок существующих реперов;
- установление дополнительных реперов у насыпей, высотой свыше 3м, и выемок, глубиной более 3м, и у искусственных сооружений;
- разбивка и закрепление оси искусственных сооружений;
- разбивка круговых и переходных кривых с закреплением начала и конца закруглений и промежуточных точек.

На прямых участках трассы ось дороги закрепляют прочно забитыми кольями и высокими 3-4 метровыми вехами через каждые 0,5-1 км (Рис.2), а также в точках, соответствующих тангенсам вертикальных кривых в начальных и конечных точках переходных кривых.

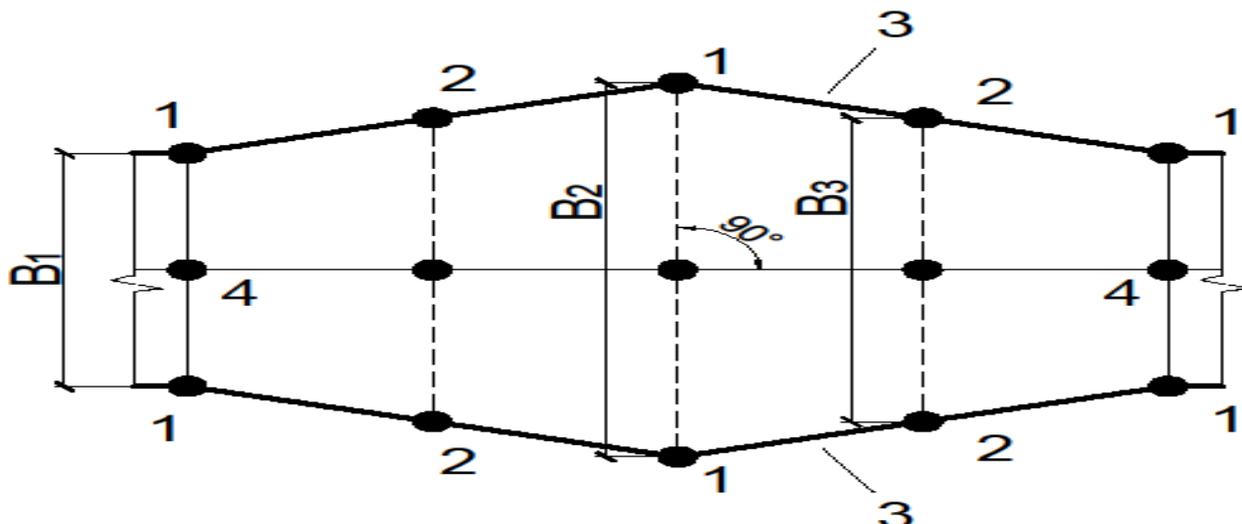


Рис. 2. Схема закрепления оси дороги на прямом участке трассы:  
 1 – выносной столб; 2 – выносные колья; 3 – граница полосы отвода; 4 – четные пикеты (точки со сторожками);  $B$  – ширина полосы отвода

На криволинейных участках трассы выносные столбы располагают через каждые 100 м на каждом пикете на линии перпендикулярной к касательной кривой. Промежуточные точки на закруглениях по оси трассы закрепляют прочно забитыми кольями через каждые 20 м на кривых радиусом более 500 м, через каждые 10 м на кривых радиусом от 100 до 500 м и через каждые 5 м на кривых радиусом менее 100 м (Рис. 3).

Углы поворота закрепляют прочно вкопанными столбами (с надписью) диаметром не менее 0,1 м и высотой 0,5-0,75 м. Столбы устанавливают на продолжении биссектрисы угла поворота в 0,5 м от его вершины. Столб обращают лицевой стороной с надписью к вершине, которую отмечают колышком.

Пикеты закрепляют прочно вбитыми колышками со сторожками после двойного промера. При расхождении с изыскательским пикетажем более чем 1 м устанавливают «рубленные» пикеты для увязки точек с проектным продольным профилем. Для сохранности в период строительства пикетные и плюсовые точки выносят за пределы полосы работ и закрепляют колышками со сторожками, на которых указаны расстояния выноски.

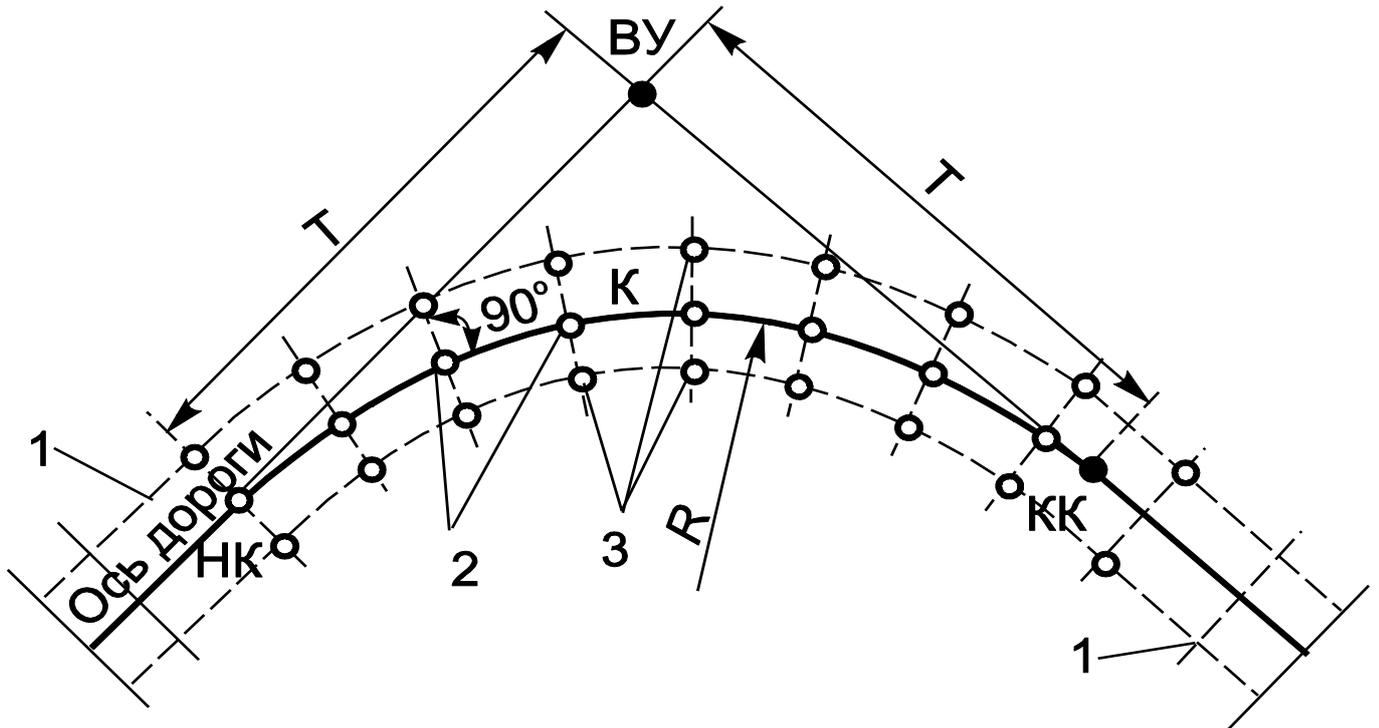


Рис. 3. Схема закрепления оси дороги на криволинейном участке трассы:

1 – граница полосы отвода; 2 – пикеты (точка и сторожок с надписью); 3 – выносные столбики с отметками; НК – начало кривой; КК – конец кривой; ВУ – вершина угла; Т – тангенс кривой; R – радиус кривой; К – длина кривой.

Задачей расчистки полосы является освобождение ее от препятствий, мешающих разбивке и производству работ. При расчистке полосы отвода выполняют следующие работы:

- Перенос линий связи и электропередач;
- Уборка валунов;
- Очистка от леса и кустарника;
- Перенос подземных коммуникаций;

Перенос и переустройство линий связи или электропередач осуществляется по проектам специализированных проектных организаций, которые устанавливают характер и объем работ. Перенос линии электропередач или подъем на мачтах на высоту, обеспечивающую необходимые габариты для грузовых перевозок, осуществляется только специализированными бригадами.

При пересечении трассой подземных коммуникаций (водопровод, кабель и др.) укладку подземных сооружений в специальные тоннели или трубы, или перенос их на новое место должны выполнять специализированные предприятия.

Уборка мелких валунов объемом до 1 м<sup>3</sup> производят бульдозерами за пределы полосы отвода. Крупные камни объемом более 1 м<sup>3</sup> после разрушения

взрывным или другим способом перемещают бульдозером или вывозят части валуна на автосамосвалах.

Удаление леса обычно производят специализированными бригадами, имеющими разрешение на выполнение данного вида работ. В состав работ по очистке полосы отвода от леса и кустарника входят следующие операции:

- подготовка лесосеки (участок леса, где требуется удалить лес);
- валка деревьев;
- обрубкой сучьев (веток);
- сбор и удаление порубочных остатков (сучьев, тонких вершин деревьев);
- трелевка хлыстов (деревьев после обрубки сучьев) к временным складам;
- разделка хлыстов на сортименты (деловую древесину);
- погрузка деловой древесины;
- корчевкой пней;
- удаление кустарника.

Лес спиливают в зимний период, так как это обеспечивает лучшие условия просушки дорожной полосы и облегчает вывозку леса по зимнему пути при наличии заболоченности. Валку деревьев производят на всю ширину полосы отвода мотопилами.

Трелевка леса к промежуточным складам производится трелевочными тракторами волоком по одному или по несколько хлыстов.

Раскряжевка хлыстов на сортименты в зависимости от породы древесины на строевой и дровяной материал производится на месте валки или на промежуточном складе мотопилами.

При высоте насыпи менее 1,5 м корчевку пней и удаление корней производят на всю ширину подошвы насыпи. При высоте насыпи более 1,5 м или разработке грунта в выемке экскаватором с ковшем емкостью более 0,5 м<sup>3</sup> корчевку пней можно не производить. Пни допускается оставлять в основании земляного полотна, предназначенного для облегченных и переходных типов покрытий на дорогах III–V категории при насыпи высотой более 1,5 метра. На участках насыпи высотой от 1,5 до 2 м пни должны быть срезаны вровень с поверхностью земли, а при высоте насыпи более 2 м пни срезают на высоте не более 10 см от земли. Корчевку пней диаметром до 50 см производят корчевальными машинами или бульдозерами.

Расчистку полосы отвода от кустарника производят кусторезами или бульдозерами

Перед снятием плодородного слоя необходимо обозначить границы срезки и контуры валов складирования. Для разбивки границ срезки используют вешки высотой 1-1,5м, установленные через 20-25м. Контуры валов складирования обозначают кольями. Плодородный растительный слой снимают на всю ширину подошвы насыпи или раскрытия выемки с учетом кюветов. Снятие плодородного слоя, перемещение грунта в стороны и складирование в резервы за пределы полосы отвода осуществляется бульдозерами.

Плодородный грунт снимают на пашне, на лугах. Удаление леса и кустарника вместе с плодородным слоем не допускается.

Толщина снимаемого слоя устанавливается проектом по согласованию с землепользователем (в среднем от 15 до 25 сантиметров).

Плодородный грунт используют при укреплении откосов земляного полотна (плакировка) для распределения грунта на разделительной полосе и при рекультивации земель. Работы по снятию плодородного слоя производят бульдозером или скрепером.

### **Тема 2.3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ**

*Устройство водопропускных труб. Устройство металлических гофрированных водопропускных труб. Засыпка водопропускных труб. Выбор типа фундамента. Технология устройства водопропускных труб. Определение объемов работ по устройству железобетонных труб.*

Основные требования по устройству водопропускных труб изложены в ТКП 45-3.03-192-2010(02250) Мосты и трубы Правила устройства.

Водопропускные трубы под насыпями устраивают для пропуска ливневых и талых вод и небольших постоянно действующих водотоков с расходом воды до 100-130 м<sup>3</sup>/с.

Особенностью труб является наличие над ними насыпи и непрерывность проезжей части дороги над трубой.

В Беларуси наибольшее распространение получили железобетонные и бетонные трубы.

По гидравлическому признаку трубы, подразделяют на напорные, в которых протекающая вода заполняет все сечения трубы, и безнапорные, заполняемые водой до 2/3 сечения по высоте. Возможен и полунпорный режим работы, когда вода заполняет не все сечение трубы, а только на часть ее длины со стороны входа.

Водопрopusная способность труб зависит от геометрических и гидравлических характеристик, которые изменяются в широких пределах (от 1 до 130 м<sup>3</sup>/с).

В зависимости от формы поперечного сечения железобетонные трубы подразделяют на круглые (Рис. .1), прямоугольные (Рис. .2) и овалыные.



Рисунок 1 – Круглая железобетонная труба



Рисунок 2 - Прямоугольная железобетонная труба

По числу параллельно поставленных труб в одном сооружении различают одно-, двух-( Рис. 3), и многоочковые.



Рисунок 3 – Двухочковая круглая железобетонная труба

Труба состоит из тела и двух оголовков – входного и выходного. Нижняя часть трубы, по которой протекает вода, называется лотком. Железобетонные трубы собирают из звеньев длиной 1 м, 2,5 м или 5 м. Швы между звеньями устраивают либо гладкими (впритык) либо фланцевыми (с уступом). Во избежание проникновения воды швы заполняют паклей, пропитанной горячим битумом, а снаружи покрывают изоляционным материалом.

Оголовки предназначены для обеспечения плавного входа и выхода водного потока, поддержания откосов насыпи, предохранения входного и выходного отверстий трубы от засыпания грунтом. Различают оголовки порталные, коридорные, раструбные, воротниковые и обтекаемые. (рис.4)

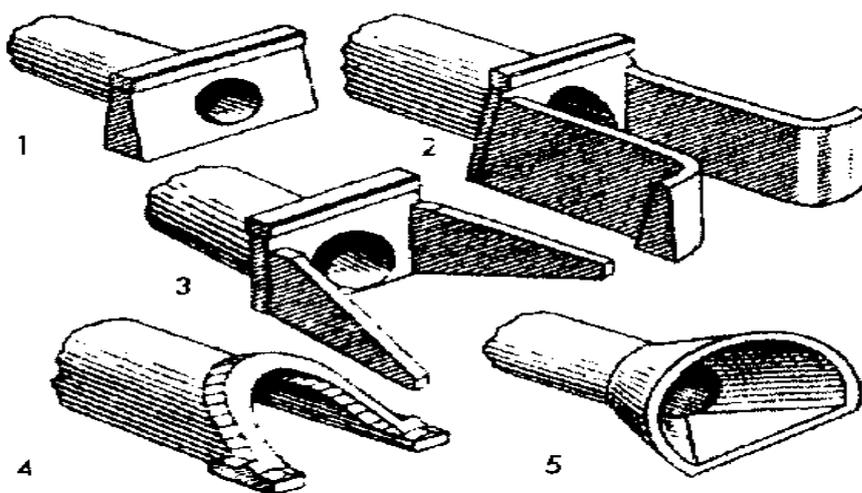


Рисунок 4 – Типы оголовков: 1- порталный; 2- коридорный; 3- раструбный; 4- воротниковый; 5- обтекаемый.

Фундаменты труб делают сборными из бетонных блоков или из монолитного бетона.

Звенья труб отверстием до 1 м укладывают, как правило, непосредственно на щебеночно-песчаную или гравийно-песчаную подушку, а при благоприятных инженерно-геологических условиях на естественное основание.

Оголовки труб устанавливают на бетонные или железобетонные фундаменты.

Толщину засыпки грунта над трубой принимают не менее 0,5 м.

В двух- и трехочковых трубах пазухи между трубами заполняют материалом, однотипным с материалом фундамента. В трубах, уложенных на бетонные фундаменты – пазухи заполняют бетоном класса В5 – В7,5. Поверхности заполнения придают двухсторонний уклон 30-40%, и по всему контуру устраивают обмазочную гидроизоляцию.

Для типовых проектов труб приняты безнапорный, а для пропуска максимального расхода воды – полунанпорный режимы. Звенья железобетонных труб изготавливают, как правило, в металлических вертикальных виброформах, а также методом центрифугирования.

Монтаж сборных железобетонных труб осуществляется автомобильными или гусеничными кранами грузоподъемностью 5 – 10 т.

Блоки сборных фундаментов под трубы устанавливают на основание, выполненное с проектным уклоном и заданным строительным подъемом, сразу после приемки котлована.

Блоки устанавливают посекционно в направлении от **выходного к входному оголовку** трубы.

Каждый блок или ряды блоков в пределах секции укладывают в соответствии с проектом и выравнивают по одной их внутренних плоскостей.

Блоки укладывают в проектное положение на слой раствора; дополнительный подлив раствора под блок, смещение блока после схватывания раствора не допускаются.

Уступы в рядах блоков по высоте не должны превышать 10 мм.

Скосы в местах сопряжения более глубокой части котлована под фундаменты оголовков с подошвой котлована под тело трубы после укладки фундаментов оголовков должны быть заполнены песчано-гравийной или песчано-щебеночной смесью, послойно уложенной и пролитой цементным раствором.

Вертикальные швы каждого ряда блоков должны быть заполнены цементно-песчаным раствором, а наружные стороны вертикальных швов заделаны заподлицо с поверхностью прилегающих блоков.

## Тема 2.4 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА БУЛЬДОЗЕРОМ

*Способы устройства насыпи земляного полотна. Разработка грунта бульдозером. Разработка выемки бульдозерным звеном. Определение параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером.*

До начала работ по возведению насыпей поверхность основания земляного полотна должна быть выровнена и уплотнена. Поверхности основания придается поперечный уклон от оси 20-40%. В не дренирующих грунтах не допускается наличие ям и других понижений, в которых может застаиваться вода. Местные понижения заполняют послойно грунтом с уплотнением до требуемой плотности. Основание уплотняют непосредственно перед отсыпкой слоев земляного полотна.

При возведении насыпи выполняют следующие операции:

- доставка грунта;
- укладка слоями определенной толщины;
- послойное уплотнение грунта.

Экономически целесообразно перемещать грунт на расстояние до 100 метров бульдозером.

При перемещении грунта на расстояние от 100 до 300 метров лучше использовать прицепные скреперы.

Если расстояние перемещения грунта составляет от 300 до 1000 метров, рекомендуется использовать самоходные скреперы.

При перемещении грунта на расстояние более 1000 метров целесообразно использовать звено, в составе которого имеется один или несколько экскаваторов и автосамосвалы.

Возведение земляного полотна производят следующими способами.

Способ послойной отсыпка насыпи.

По этому способу насыпь отсыпают отдельными слоями. (Рис. 1). Толщина слоя зависит от типа грунта и вида уплотняющего оборудования и составляет от 20 до 50см. Число слоев назначают в зависимости от высоты насыпи.

Преимуществом данного способа является возможность отсыпки насыпи из разных типов грунта. При послойном уплотнении одного типа грунта достигается однородность уплотнения.

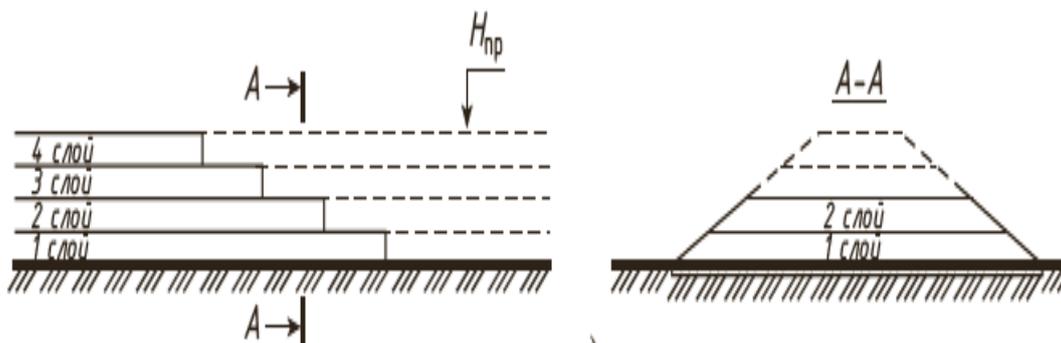


Рисунок 1 - Послойная отсыпка земляного полотна

При послойном способе отсыпки насыпи работы ведут на двух смежных участках (захватках) одинаковой длины. На одном участке отсыпают слой грунта определенной толщины, на втором - производят уплотнение грунта. Затем на втором участке на уплотненный грунт отсыпают последующий слой, а на первом участке производят уплотнение грунта. По такой технологии работы выполняют до полной отсыпки насыпи до проектной отметки.

При возведении земляного полотна на участках, где автомобильная дорога пересекает глубокие овраги или болото отсыпку земляного полотна производят по способу с «головами насыпи». (Рис.2).

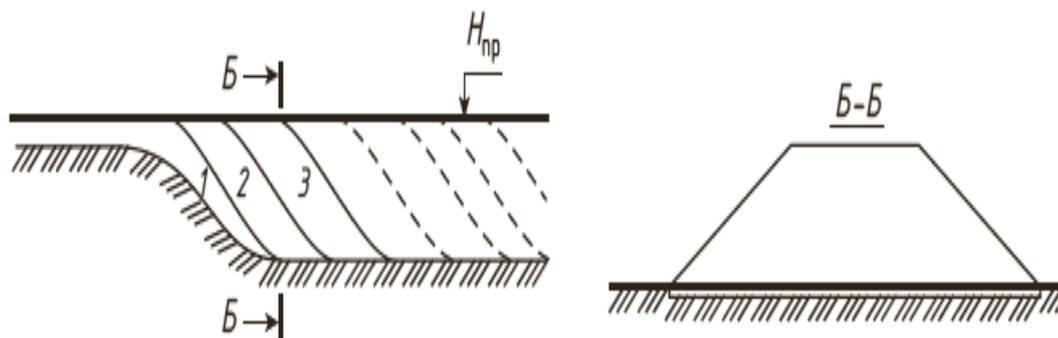


Рисунок - 2 - Отсыпка земляного полотна с «головами насыпи»

Недостатком этого способа является невозможность уплотнения земляного полотна на всю глубину. Окончательное уплотнение происходит в результате постепенной осадки насыпи под действием массы грунта и движения автосамосвалов, доставляющих грунт к месту отсыпки.

Чтобы уменьшить недостатки способа отсыпки земляного полотна с «головами насыпи» применяют комбинированный способ. Например, при сооружении насыпи на болоте нижнюю часть насыпи от минерального дна до поверхности болота отсыпают по способу с «головами насыпи», а верхнюю часть - от поверхности болота до проектной отметки – послойным способом. (Рис. 3).

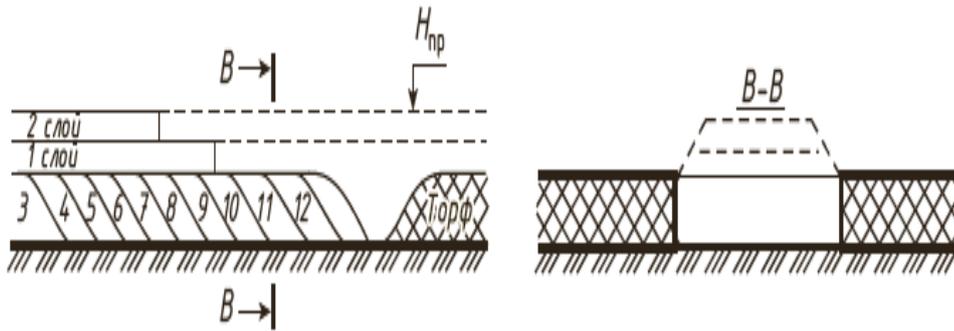


Рисунок – 3 - Комбинированная схема отсыпки земляного полотна

## Тема 2.5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА СКРЕПЕРОМ

*Возведение насыпей и разработка выемок скреперами. Возведение насыпей скреперами из грунта боковых резервов. Комплектование скреперного звена.*

Скреперы предназначены для разработки и перемещения грунта на расстояние от 100 до 1000 метров. Разработку выемок с транспортированием грунта в смежные с ними насыпи на расстояние от 100м до 300м выполняют прицепными скреперами, работающими с тягачами (рис.1). При перемещении грунта на расстояние от 300 м до 1000м применяют самоходные скреперы (рис.2).



Рисунок 1 - Прицепной скрепер



Рисунок 2 - Самоходный скрепер

Скреперы применяют для разработки легких грунтов. В сыпучих одномерных песках, на заболоченных участках, в сильно увлажненных при наличии валунов, пней и корней, а также в затвердевших трудно разрабатываемых грунтах применять скреперы не рекомендуется.

Плотные грунты следует предварительно разрыхлять на толщину срезаемой стружки. Для рыхления глинистых грунтов используют рыхлитель с пятью стойками, для рыхления суглинистых грунтов — с тремя.

Зарезание грунта скреперами производится по следующим схемам, в зависимости от формы стружки (рис.3):

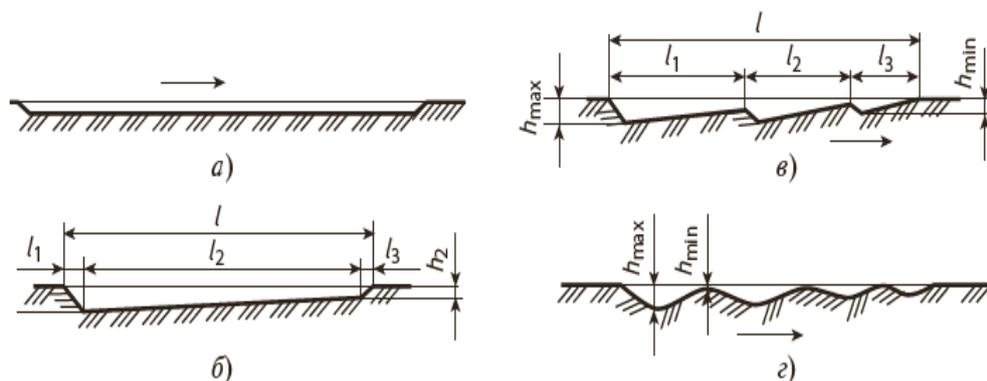


Рисунок 3 - Схемы зарезания грунта ножом ковша скрепера  
 а) ленточная, для плотных грунтов; б) клиновья, для рыхлых грунтов;  
 в) гребенчатая, для грунтов средней плотности; г) волнообразная, для песчаных грунтов;

## Тема 2.6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЭКСКАВАТОРОМ

*Разработка грунта экскаватором. Способы устройства насыпи земляного полотна. Разработка выемки экскаваторным звеном.*

Одноковшовые экскаваторы применяются для разработки грунта при условиях неблагоприятных для применения скреперов и бульдозеров.

При возведении земляного полотна автомобильных дорог применяют экскаваторы, которые различают по назначению, типу рабочего оборудования, объему ковшей, типу ходового устройства, степени ограничения поворотного движения рабочего оборудования.

Выбор типа экскаватора, его модели и вида рабочего оборудования производят исходя из грунтовых и климатических условий, объемов и сроков работ, условий транспортирования грунта и некоторых других факторов.

Экскаваторы на гусеничном ходу применяют на сосредоточенных работах, когда не требуются частые перебазировки, при слабых основаниях, при

разработке скальных грунтов, где пневматические шины быстро выходят из строя (рис.1).



Рисунок 1 - Экскаватор на гусеничном ходу

Экскаваторы на пневмоколесном ходу целесообразно применять при грунтах с достаточной несущей способностью на рассредоточенных работах.

Экскаваторы могут быть оснащены следующим оборудованием:

- с оборудованием «прямая лопата»;
- с оборудованием «обратная лопата»;
- с оборудованием «драглайн».

Экскаватор с оборудованием «прямая лопата» представлен на (рис. 2).



Рисунок 2- Экскаватор с оборудованием «прямая лопата»

Экскаватор с оборудованием «обратная лопата» представлен на (рис.3).



Рисунок 3 - Экскаватор с оборудованием «обратная лопата»

На рис. 4 представлен экскаватор с оборудованием «драглайн»



Рисунок 4 - Экскаватор с оборудованием «драглайн»

Основные объемы работ выполняют экскаваторами, оснащенными оборудованием «прямая лопата» при разработке глубоких выемок или при работе в карьере. Экскаваторы, оснащенные оборудованием «обратная лопата» применяют главным образом при разработке траншей и котлованов под фундаменты. Экскаваторы, оснащенные оборудованием «драглайн» применяют при разработке грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора, когда работа с подошвы забоя затруднена из-за наличия грунтовых вод, при

возведении насыпей из боковых резервов и при разработке выемок с отвалом грунта.

Экскаваторы работают, как правило, в комплекте с транспортными средствами – автомобилями-самосвалами. Выбор транспортных средств зависит от производительности (вместимости ковша) экскаватора и расстояния транспортирования грунта.

Выемки небольшой глубины и ширины разрабатывают в основном за одну проходку экскаватора. При большой глубине и ширине выемки разработку ее ведут несколькими проходками и ярусами (рис. 5).

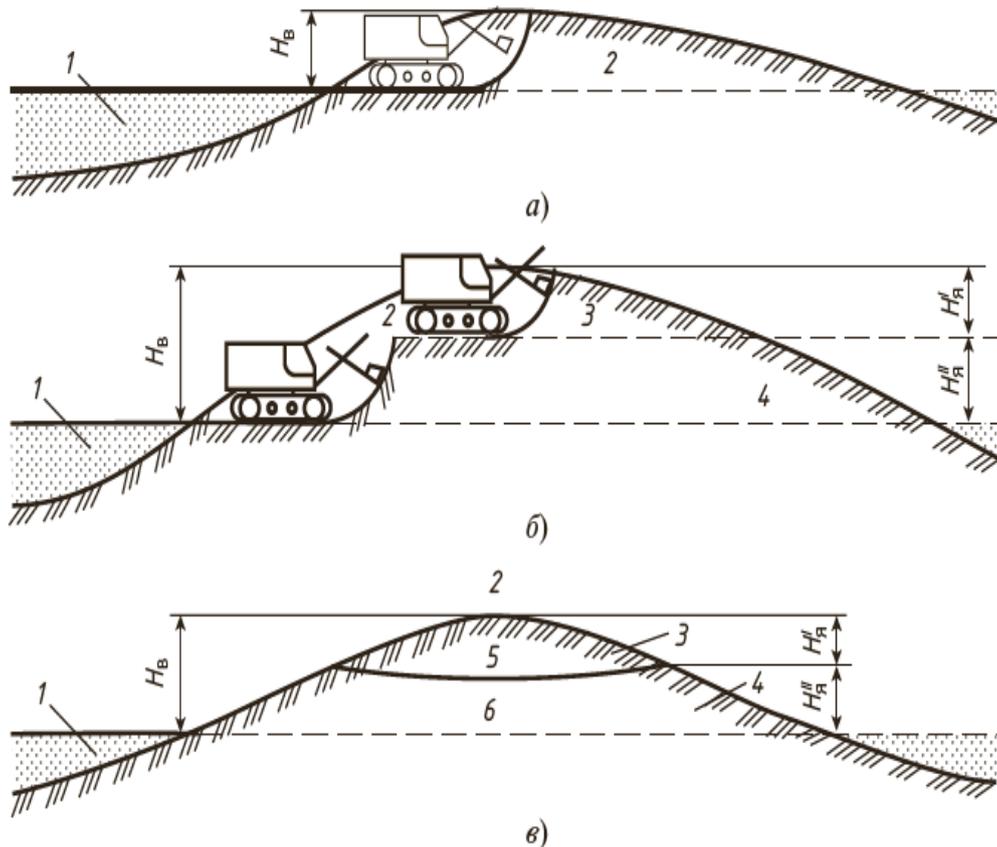


Рисунок 5 - Способы разработки выемки

1-насыпь; 2-выемка; 3- I ярус; 4- II ярус; 5- супесчаный грунт; 6- суглинок;  
 $H_B$  – глубина выемки;  $H_{я}^I$  и  $H_{я}^{II}$  – соответственно глубина I и II ярусов.

Неглубокие выемки (до 6м) при однородных грунтах разрабатывают сразу до проектных отметок с учетом недобора (рис.5а). Глубокие выемки (от 6 до 12м) разрабатывают не сразу на полную глубину, а по частям, отдельными ярусами (рис.5б). Такой способ носит название ярусной разработки. Его применяют, когда максимальная высота забоя для экскаватора меньше глубины выемки, при наличии, явно выраженных, отдельных слоев различных типов грунтов (рис.5 в).

## Тема 2.7. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

*Определение объемов работ по устройству дорожной одежды. Устройство дренажных слоев дорожной одежды. Технология устройства слоя основания. Технология устройства асфальтобетонного покрытия. Линейный календарный график производства работ. Последовательность выполнения отдельных видов работ. Директивный срок строительства объекта. Необходимое число смен работы звеньев на каждом участке. Правила построения линейного календарного графика производства работ*

Основным конструктивным элементом автомобильной дороги является дорожная одежда. Ее стоимость может составлять до 70% всей стоимости строительства автомобильной дороги. Дорожную одежду укладывают на земляное полотно. Дорожная одежда и земляное полотно вместе образует дорожную конструкцию. Дорожная одежда состоит из отдельных конструктивных слоев дорожно-строительных материалов. Она предназначена для восприятия и перераспределения транспортной нагрузки до уровня допустимой из условия прочности грунта земляного полотна.

Дренажный слой обеспечивает осушение верхнего слоя земляного полотна в период избыточного увлажнения, что способствует повышению прочности и надежности дорожной одежды. Его устраивают из песков или песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сутки.

Толщину дренажного слоя рассчитывают из условия своевременного отвода всей воды (атмосферных осадков, грунтовых вод), поступающей в район верхнего слоя земляного полотна. Дренажный слой обычно устраивается на всю ширину земляного полотна с целью отвода поступившей воды на откос. (Рис. 1).



Рис. 1 Схема отсыпки дренажного слоя дорожной одежды

Дренирующие слои дорожной одежды устраиваются по следующей технологической схеме:

- 1) Разбивочные работы.
- 2) Доставка песка.
- 3) Разравнивание материала.
- 4) Уплотнение с увлажнением грунта.

Основание - часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием. Совместно с покрытием основание обеспечивает перераспределение и снижение напряжений, возникающих в конструкции дорожной одежды и в грунте рабочего слоя земляного полотна. Обеспечивает морозоустойчивость и осушение конструкции дорожной одежды. Основание может состоять из нескольких слоев. Верхний слой основания устраивают из более прочных материалов. Нижний слой основания выполняют из материалов, к которым предъявляют менее жесткие требования по прочности.

Чаще всего слои основания выполняют из песчано-гравийной смеси, гравия, щебня, щебня и гравия, грунтов, укрепленных вяжущими: цементом, битумом, битумными эмульсиями. Слои основания могут быть однослойные или двухслойные. При толщине слоя 8-15см устраивают однослойное основание, а если более 15см, то устраивают двухслойное основание. (Рис. 2).

При укладке двухслойного основания, нижний слой устраивают из более крупного материала, а верхний – из более мелкого.

Слои основания устраивают в следующей последовательности:

- 1) Разбивочные работы.
- 2) Доставка гравийной или щебеночной крупнозернистой смеси для устройства нижнего слоя основания.
- 3) Разравнивание и профилирование нижнего слоя основания.
- 4) Увлажнение и уплотнение нижнего слоя основания.
- 5) Доставка гравийной или щебеночной мелкозернистой смеси для устройства верхнего слоя основания.
- 6) Разравнивание и профилирование верхнего слоя основания.
- 7) Увлажнение и уплотнение верхнего слоя основания.

Уплотнение производят от краев к середине с перекрытием следа 25-30см. При уплотнении в сухую погоду смесь увлажняют из расчета 6-12 л/м<sup>2</sup>.

При контроле качества выполненных работ проверяют:

- 1) ширину слоя основания;
- 2) толщину слоя в уплотненном состоянии;
- 3) степень уплотнения.

а)



б)



Рис. 2. Схема устройства основания из щебня:

а) доставка щебня; б) разравнивание, планировка и уплотнение щебня.

Асфальтобетонные покрытия укладывают в сухую погоду при температуре от  $+5^{\circ}\text{C}$  весной до  $+5^{\circ}\text{C}$  осенью.

Приготовленную асфальтобетонную смесь доставляют к месту укладки автосамосвалами. При выходе с асфальтобетонного завода на асфальтобетонную смесь выдают паспорт, в котором указывают:

- Наименования и адрес изготовителя;
- наименование и адрес потребителя;
- номер и дату выдачи документа;
- дату и время изготовления и отгрузки смеси;
- вид, тип, марку смеси и ее условное обозначение, номер партии;
- массу отгруженной смеси;
- удельную эффективную активность естественных радионуклидов в исходных материалах.

Качество смеси зависит от температуры. Температура асфальтобетонной смеси при укладке для горячих асфальтобетонных смесей должна быть не ниже

120°C. Расстояние для транспортировки смеси составляет в жару 40-50км; в прохладную погоду 20-30км.

При устройстве асфальтобетонного покрытия подготавливают основание: производят распределение жидкого битума или битумной эмульсии с расходом 0,3-0,5 л/м<sup>2</sup> (подгрунтовка).

Технологический процесс устройства асфальтобетонного покрытия состоит из следующих основных операций:

- 1) очистка покрытия от пыли и грязи;
- 2) доставка и выгрузка в бункер асфальтоукладчика смеси;
- 3) распределение смеси слоем требуемой толщины;
- 4) уплотнение смеси звеном катков различной массы.

Начало уплотнения производится при температуре не ниже 150°C для щебнемастичного асфальтобетона, 120°C для горячего асфальтобетона и 100°C для теплого асфальтобетона. При завершении уплотнения температура асфальтобетона должна быть 70-80°C. Укатку производят от краев к середине покрытия с перекрытием следа на 20-30см.

При приемке асфальтобетонного покрытия в эксплуатацию определяют коэффициент уплотнения. Этот коэффициент должен быть для асфальтобетонных смесей типа А и Б не менее 0,99 и для типов В, Г, Д - 0,98.

### **Разработка линейного календарного графика производства дорожно-строительных работ**

Линейный календарный график производства работ показывает последовательность и сроки выполнения работ звеньями на отдельных участках.

При построении графика необходимо учитывать последовательность выполнения отдельных видов работ. Разработку линейного календарного графика необходимо выполнять одновременно с комплектованием звеньев. Для этого исходя из продолжительности строительного сезона или директивного срока строительства назначают максимальное количество смен работы ( $T_{max}$ ). До начала производства основных видов работ должны быть выполнены подготовительные работы. Устройство водопропускных железобетонных труб должно быть выполнено до сооружения земляного полотна.

В нижней части линейного календарного графика с левой стороны указывают виды работ каждого звена (бульдозерного, скреперного, экскаваторного и других звеньев, работающих на устройстве дорожной

одежды). С правой стороны указывают положение начала и конца участка работы каждого звена и объемы работ, которые берут из графика распределения земляных масс. Зная объемы работ и среднюю производительность механизмов, определяют необходимое число смен работы звеньев на каждом участке. Сумма смен по отдельным участкам должна быть равна общей продолжительности работ соответствующего звена.

При построении календарного графика по вертикальной оси откладывают число смен работы звеньев, а по горизонтальной - длину участков, на которых производят различные виды работ.

Вначале строят график выполнения подготовительных работ, затем - устройства водопропускных труб. Далее строят графики работы выполнения работ бульдозерным, скреперным и экскаваторным звеньями. После сооружения земляного полотна приступают к устройству дорожной одежды и строят графики выполнения работ по устройству каждого слоя дорожной одежды. Линии графиков не должны пересекаться.

Устройство присыпных обочин выполняют после устройства дорожной одежды. Общее число смен работы на графике не должно превышать заданного срока строительства.

На графиках работы отдельных звеньев указывают состав звена (количество ведущих и вспомогательных механизмов), рис. 1.

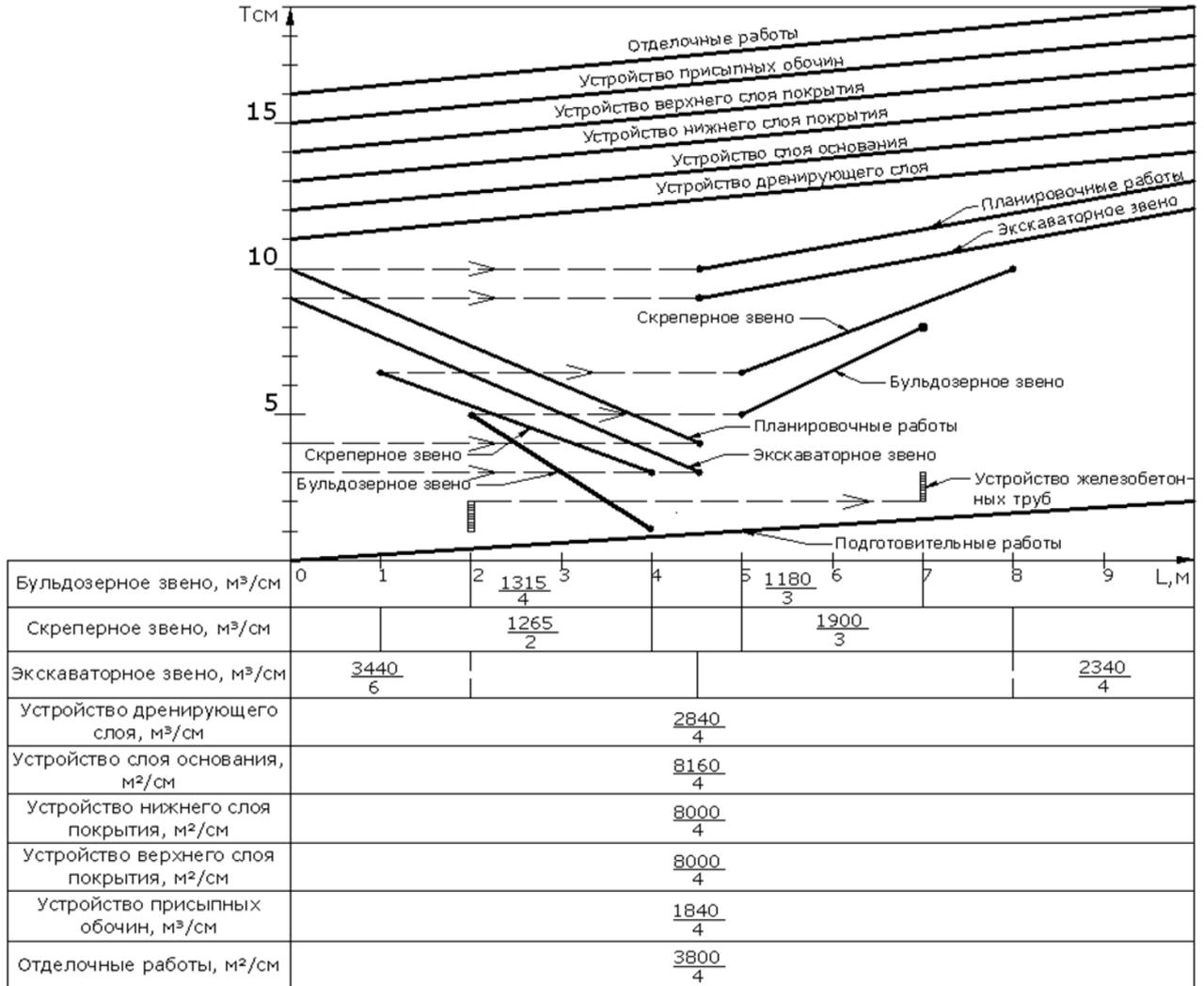


Рис 1. Линейный график производства дорожно-строительных работ

## Тема 2.8. ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Способы обеспечения незаносимости земляного полотна снегом. Определение объемов снегоприноса. Определение границ снеготаносимых участков. Разработка мероприятий по защите дорог от снежных заносов.*

Главными мерами, обеспечивающими незаносимость земляного полотна снегом, являются подъем насыпи до определенной отметки и придание поперечному профилю низким насыпям и неглубоким выемкам обтекаемого для снежно-ветрового потока очертания. Возвышение насыпи над расчетным уровнем снежного покрова определяют исходя из условия повышения скорости снежно-ветрового потока до значения, обеспечивающего перенос снега через дорожное полотно без образования отложений.

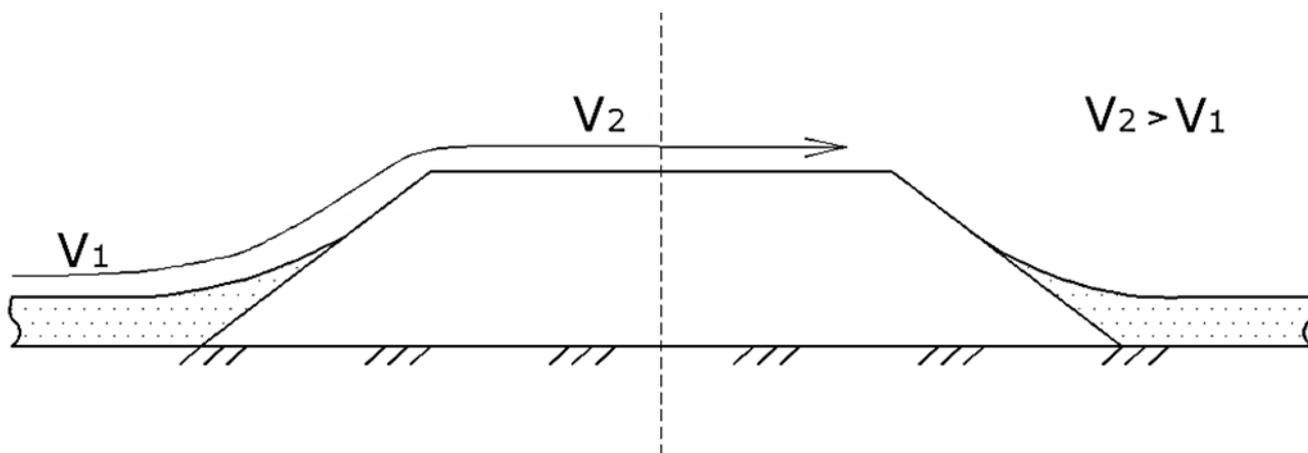


Рис. 1 - Повышение скорости снежно-ветрового потока над насыпью

Для соблюдения этого условия высоту насыпи назначают больше высоты снегонезаносимой насыпи, которую определяют по формуле

$$h_n = h_{сн} + \Delta h,$$

где  $h_n$  - высота незаносимой снегом насыпи, м;

$h_{сн}$  - расчетная высота снежного покрова, м;

$\Delta h$  - возвышение над снежным покровом, обеспечивающее незаносимость насыпи, м.  $\Delta h$  принимают равным 1,2; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4 м, для автомобильных дорог соответственно I, II, III, IV, IV технических категорий.

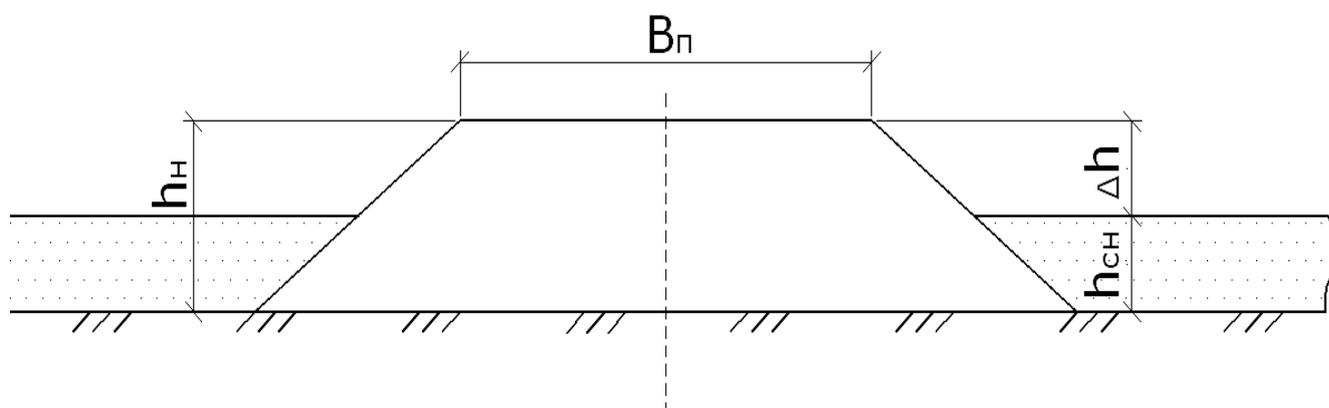


Рис. 2. Определение высоты незаносимой снегом насыпи

Высоту незаносимой снегом насыпи и высоту снежного покрова можно принять по табл. 1.

Все выемки, особенно глубиной до 2 м заносятся снегом в первую очередь из-за резкого снижения скорости снежно-ветрового потока над участком понижения рельефа местности.

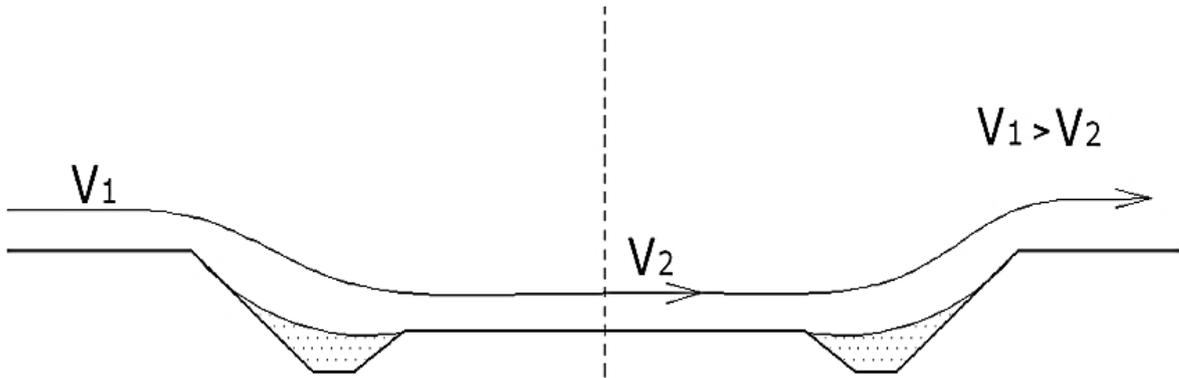


Рис. 3. Снижение скорости снежно-ветрового потока в выемке

Уменьшить снегозаносимость выемок за счет элементов поперечного профиля земляного полотна возможно путем раскрытия выемок глубиной до 2 м с устройством пологих откосов заложением 1: 6 - 1: 8. При этом пологие откосы выемок можно использовать для выращивания сельскохозяйственных культур.

Снегозаносимость выемок глубиной более 2 м можно снизить путем увеличения заложения откосов с 1:1,5 до 1:3 или устройства дополнительных аккумуляционных полок.

Таблица 1 - Высота снежного покрова и незаносимой снегом насыпи

Районы снегозаносимости дорог		Расчетная высота снежного покрова $h_c$ , м	Высота незаносимой снегом насыпи $h_n$ по категориям дорог, м				
Обозначение	Часть территории Беларуси		I	II	III	IV	V
I	Северо-восточная	0,6	1,8	1,3	1,2	1,1	1,0
II	Центральная	0,5	1,7	1,2	1,1	1,0	0,9
III	Южная и Западная	0,4	1,6	1,1	1,0	0,9	0,8
IV	Юго-западная	0,3	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7

Для планирования работ по зимнему содержанию необходимо знать местоположение участков автомобильных дорог, которые могут быть занесены снегом, а также предполагаемый объем снега, принесенный за время метели к дороге. Количество снега, приносимого метелями в течение зимы к сторонам автомобильной дороги, называют объемом снегоприноса. Измеряют объем снегоприноса в  $\text{м}^3$  на 1 м длины дороги ( $\text{м}^3/\text{м}$ ).

## ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Перечень практических занятий – 3 семестр

Практическое занятие №1. Обоснование технической категории автомобильной дороги.

Практическое занятие №2. Проектирование закруглений с переходными кривыми.

Практическое занятие №3. Расчет параметров плана трассы автомобильной дороги.

Практическое занятие №4. Построение продольного профиля и определение типов поперечников.

Практическое занятие №5. Расчет параметров вертикальных кривых.

Практическое занятие №6. Расчет кюветов на участках низких насыпей и выемок.

Практическое занятие №7. Проверка прочности нежесткой дорожной одежды.

Практическое занятие №8. Расчет диаметра отверстия водопропускной трубы.

### **Практическое занятие №1**

#### *Обоснование технической категории автомобильной дороги.*

**Категория дороги** – характеристика, определяющая технические параметры автомобильной дороги.

Категорию автомобильных дорог необходимо назначать в зависимости от функционального назначения дороги и наибольшей расчетной интенсивности движения (часовой или суточной). Измеряется интенсивность движения в транспортных единицах в сутки (ед/сут) или час (ед/ч).

За расчетную интенсивность движения следует принимать среднегодовую суточную интенсивность движения механических транспортных средств суммарно в обоих направлениях за последний год перспективного периода. Расчетную интенсивность движения следует определять на основе данных экономических изысканий.

Перспективный период при назначении категории дороги принимают равным 20 годам. За начало перспективного периода принимают планируемый год завершения строительства.

Перспективную интенсивность движения  $N_t$  определяют по формуле:

$$N_t = N_0 (1 + 0,01 p)^{t-1}, \text{ авт/сут}$$

где  $N_0$  – начальная интенсивность движения, авт/сут;  
 $p$  – ежегодный прирост интенсивности движения, %;  
 $t$  – расчетный период ( $t=20$ лет).

Значения расчетной интенсивности движения для дорог устанавливают в соответствии с (Табл. 2).

Таблица 2 - Значения расчетной интенсивности движения для дорог

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Расчетная интенсивность движения, ед./сут	
		для республиканских дорог	для местных дорог
Автомагистраль	I-а	Св. 8 000	-
Скоростная дорога	I-б	Св. 10 000	-
Обычная дорога	I-в	Св. 10 000	Св. 10 000
	II	Св. 5 000 до 10 000	Св. 7 000 до 10 000
	III	Св. 2 000 до 5 000	Св. 3 000 до 7 000
	IV	Св. 200 до 2 000	Св. 400 до 3 000
	V	До 200 включ.	Св. 100 до 400
Дорога низшей категории	VI-а	-	Св. 25 до 100 включ.
	VI-б	-	До 25 включ.

В качестве составляющих элементов плана и продольного профиля трассы дороги применяют кривые как постоянной, так и переменной кривизны линейной или нелинейной функции, а также прямые. В качестве основного составляющего элемента плана трассы прямые могут применяться только при реконструкции. При назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров следует принимать:

- продольный уклон - не более 30‰;
- радиус кривой в плане, м, не менее:
  - на дорогах I-а категории - 3000;
  - на дорогах I-б - II категорий - 2000;
  - на дорогах III и IV категорий - 1200;
- радиус выпуклой кривой в продольном профиле, м, не менее:
  - на дорогах I-а категории - 70 000;
  - на дорогах I-б - IV категорий - 25 000;
- радиус вогнутой кривой в продольном профиле - не менее 8000 м;
- длину кривой в продольном профиле, м, не менее:
  - непрерывно выпуклой - 300;
  - непрерывно вогнутой - 100.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнение перечисленных выше условий или их выполнение связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства, при обосновании допускается снижение норм проектирования до предельно допустимых, которые принимают по (Табл. 3). Сочетание на одном отрезке трассы

предельно допустимых для принятой расчетной скорости параметров плана и продольного профиля не допускается.

Таблица 3 - Допустимые параметры элементов плана и продольного профиля

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, %	Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	Наименьший радиус кривых в плане, м	Наименьший радиус кривых в продольном профиле, м	
				Выпуклой кривой	Вогнутой кривой
140	40	350	1200	25 000	8000
120	40	250	800	15 000	5000
100	50	200	600	10000	3000
90	55	175	450	7500	2500
80	60	150	300	5000	2000
60	70	85	150	2500	1500
40	90	55	60	1000	1000

**Примечания**

3 Увеличение наибольшего продольного уклона для расчетной скорости 60-120 км/ч в точке сопряжения вертикальных кривых не должно превышать 5 ‰.

4 Наименьшие радиусы кривых в плане приведены для уклона виража 30 ‰. При других значениях уклона виража наименьшие радиусы кривых в плане следует рассчитывать.

## Практическое занятие №2

### Проектирование закруглений с переходными кривыми.

Основными параметрами закругления по круговой кривой являются: тангенс Т, биссектриса Б, домер Д, угол поворота трассы  $\alpha$  и кривая К. (Рис.1).

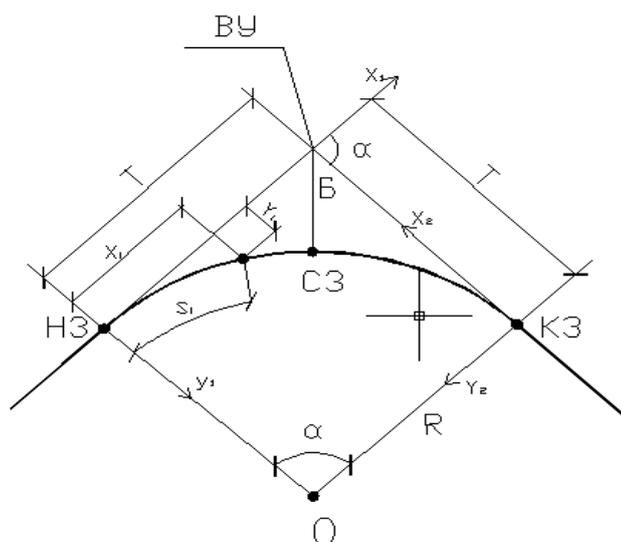


Рисунок 1 - Схема закругления по круговой кривой

**Тангенс** – расстояние от вершины угла до начала или конца круговой кривой.

**Биссектриса** – расстояние от вершины угла до середины круговой кривой.

**Домер** показывает насколько длина трассы по ломаной линии больше расстояния по кривой.

**Угол поворота** - угол, образованный между продолжением первоначального и последующего (нового) направления трассы.

При изыскании автомобильных дорог трассу прокладывают ломаными линиями от одной вершины угла поворота до последующей вершины угла. При вписывании круговой кривой длина трассы будет меньше чем по ломаной линии. Чтобы не менять пикетаж при прохождении трассы по ломаной линии, ее длину уменьшают на величину домера.

Домер (Д) определяют как разность расстояний между началом закругления (НЗ) и концом (КЗ) по ломаной (НЗ – ВУ – КЗ) и по кривой (НЗ – СЗ – КЗ).

$$Д = 2Т - К$$

Величины Т, Б и К вычисляют по формулам:

$$Т = R \cdot \operatorname{tg} (\alpha/2);$$

$$Б = R \cdot [1/\operatorname{Cos} (\alpha/2) - 1];$$

$$К = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180$$

Пикетное положение основных точек закругления определяют по формулам:

$$\text{НЗ} = \text{ВУ} - Т;$$

$$\text{СЗ} = \text{НЗ} + К/2;$$

$$\text{КЗ} = \text{НЗ} + К;$$

$$\text{КЗ} = \text{ВУ} + Т - Д$$

$$\text{КЗ} = \text{НЗ} + 2Т - Д$$

где ВУ – пикетное положение вершины угла поворота трассы.

Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат

Для выноски круговой кривой используют метод прямоугольных координат  $x_1y_1$  от начала кривой до середины закругления (Рис.2).

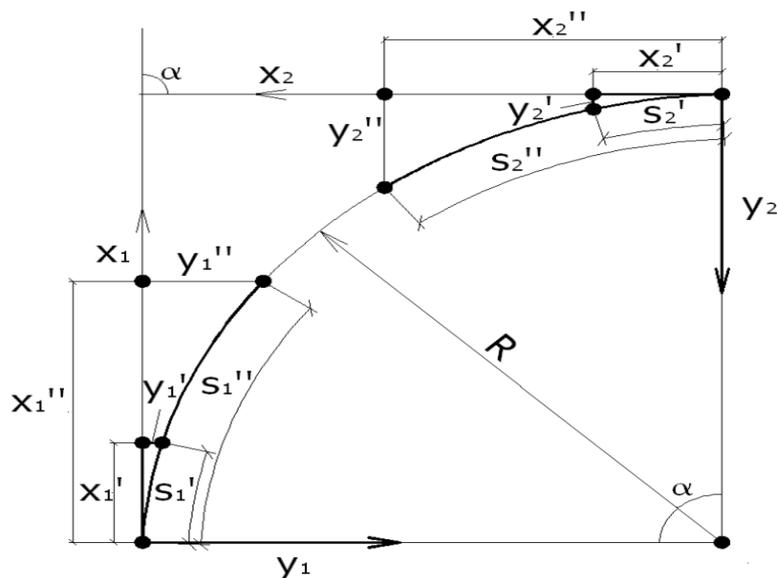


Рисунок .2 - Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат

### Практическое занятие №3

## Определение параметров закруглений с переходными кривыми

При введении переходной кривой длиной  $L$  начало и конец закругления смещается дальше от ВУ по сравнению с закруглением по круговой кривой на величину  $t$ , которую называют **смещение**. Кроме того при введении переходной кривой круговая кривая сдвигается к центру на величину  $p$ , которую называют **сдвижка** (Рис.1).

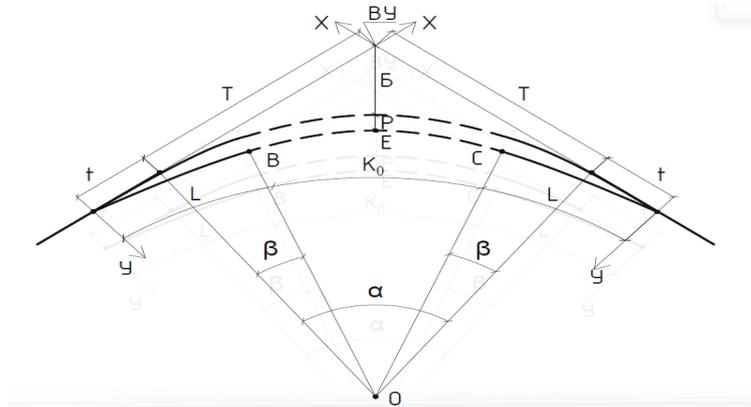


Рисунок 1 - Элементы закругления с симметричными переходными кривыми

Проектирование закруглений с симметричными переходными кривыми ведут в следующей последовательности.

1. Вычисляют минимальную длину переходной кривой  $L$  по формуле

$$L = V_1^3 / (47RJ)$$

Полученное значение переходной кривой сравнивают минимальной по СН. Для дальнейших расчетов принимают большее значение длины переходной кривой. Минимальную длину переходной кривой можно принять без расчета по ТКП.

2. Определяют величину угла  $\beta$  на которую уменьшается круговая кривая при введении переходной кривой. (рис.1)

$$\beta = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi}, \text{ градусы}$$

3. Проверяют условие возможности разбивки закруглений с переходной кривой. Если угол  $\alpha$  (рис.1) больше  $2\beta$ , то разбивка возможна. Если угол  $\alpha < 2\beta$ , то разбивка невозможна.

Если угол  $\alpha$  равен  $2\beta$ , то закругление состоит из двух переходных кривых (клотоид) и называется клотоидным.

4. Определяют длину круговой кривой. Круговая кривая  $K_0$  занимает центральный угол  $(\alpha - 2\beta)$ . Поэтому длина круговой кривой  $K_0$  равна:

$$K_0 = (\alpha - 2\beta) / 180,$$

где  $\alpha$  – угол поворота трассы в градусах.

Если  $(\alpha - 2\beta) = 0$ , то круговая кривая  $K_0$  исходя из формулы равна нулю. Закругление состоит из двух переходных кривых

5. Определяем значения смещения  $t$  и сдвижки  $p$  по формулам

$$t = x_B - R \cdot \sin \beta; \quad p = y_B - R(1 - \cos \beta)$$

где  $x_B$ ,  $y_B$  – координаты точки В (конца переходной кривой), вычисляются по формулам:

$$x_B = L - L^3 / (40R^2); \quad y_B = L^2 / (6R) - L^4 / (336R^3),$$

где  $L$  – длина переходной кривой;

$R$  – радиус круговой кривой, следующий за переходной.

Для ориентировочных расчетов величину смещение  $t$  можно принять равным  $0,5 * L$ .

Если сдвигка круговой кривой от введения переходной кривой составляет менее 0,20м, то ее можно не учитывать в расчете и переходные кривые в этом случае допускается не устраивать.

6. Вычисляют Тангенс  $T$  и домер  $D$  по формулам

$$T = (R + p) \operatorname{tg} (\alpha/2); \quad D = 2 (T + t) - (2L + K_0);$$

7. Определяют пикетное положение основных точек закругления по формулам:

- т.А (начало закругления)  $HЗ = ВУ - (T + t)$ ;
- т.В (начало круговой кривой)  $НКК = HЗ + L$ ;
- т.С (конец круговой кривой)  $ККК = HЗ + L + K_0$ ;
- т.Д (конец закругления)  $КЗ = HЗ + 2L + K_0$ ;  
 $КЗ = ВУ + (T + t) - Д$ .

## Практическое занятие №4

### *Расчет параметров плана трассы автомобильной дороги*

Проектирование плана трассы включает:

- 1) выяснение препятствий трассированию и установление контрольных точек;
- 2) проектирование вариантов плана трассы;
- 3) подбор радиусов закруглений и длин переходных кривых;
- 4) разбивка пикетажа и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых;
- 5) составление чертежа "План дороги".

Варианты плана трассы рекомендуется проектировать с учетом контрольных точек и препятствий.

План трассы автомобильной дороги проектируют по топографическим картам в горизонталях масштаба 1 : 5000 в следующей последовательности:

1. На карте намечают контрольные точки, через которые необходимо провести трассу с учетом ландшафта данной местности.
2. Через эти контрольные точки проводят плавную линию, являющуюся в первом приближении планом трассы автомобильной дороги.
3. Для обеспечения возможности выноски этой трассы на местность полученную кривую заменяют ломаной линией (Рис.1).
4. В местах изменения направления прямых измеряют углы поворота трассы ( $\alpha_1, \alpha_2$ ), а также биссектрисы закруглений  $B_1, B_2$ . На топографической карте местности с учетом масштаба определяют расстояние ( $\Pi_1$ ) от начала трассы до ближайшей вершины угла поворота, расстояние между вершинами углов ( $\Pi_2$ ) и расстояние ( $\Pi_3$ ) от ближайшей вершины угла поворота до конца участка трассы.

5. Вычисляют радиусы закругления по величине биссектрисы  $B_i$  и угла поворота  $\alpha_i$

$$R_i = B_i / [\operatorname{Sec}(\alpha/2) - 1]; \quad R = B / [1/\operatorname{Cos}(\alpha/2) - 1]$$

6. Полученные радиусы кривых сравнивают с нормативными значениями для данной категории автомобильной дороги. Радиусы кривых следует принимать не меньше

рекомендуемого. Если полученное значение радиуса оказалось меньше рекомендуемого, то целесообразно изменить положение криволинейной трассы, положение вершины угла поворота и величину биссектрисы.

В случае невозможности изменения положения вершины и величины угла поворота, уменьшают радиус кривой до минимального. Если хотя бы один из полученных радиусов оказался меньше минимального, то следует повторно прокладывать трассу для уменьшения угла поворота или увеличения величины биссектрисы.

Минимальное значение радиуса горизонтальной кривой рекомендуется назначать на категорию выше, чем категория проектируемой дороги. Это позволит в будущем осуществить реконструкцию дороги в более высокую техническую категорию без изменения плана.

Если радиус круговой кривой составляет более 2000м, то вычисляют элементы круговых кривых Т, Б, К, Д по формулам.

$$T = R \cdot \operatorname{tg} (\alpha/2); \quad B = R \cdot [1/\operatorname{Cos} (\alpha/2) - 1];$$

$$K = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180; \quad D = 2T - K.$$

Если радиус круговой кривой составит менее 2000м, то необходимо устраивать переходные кривые. Вычисляют все параметры закруглений с переходными кривыми: длину переходной кривой  $L$ , смещение  $t$  и сдвигку  $p$ , тангенсы  $T$  и домер  $D$  с точностью до 0,01м.

$$L = V_1^3 / (47RJ); \quad \beta = \frac{L}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi}, \quad K_0 = (\alpha - 2\beta) / 180;$$

$$t = x_B - R \cdot \operatorname{Sin} \beta; \quad p = y_B - R(1 - \operatorname{Cos} \beta);$$

$$x_B = L - L^3 / (40R^2); \quad y_B = L^2 / (6R) - L^4 / (336R^3);$$

$$T = (R + p) \operatorname{tg} (\alpha/2); \quad D = 2(T + t) - (2L + K_0);$$

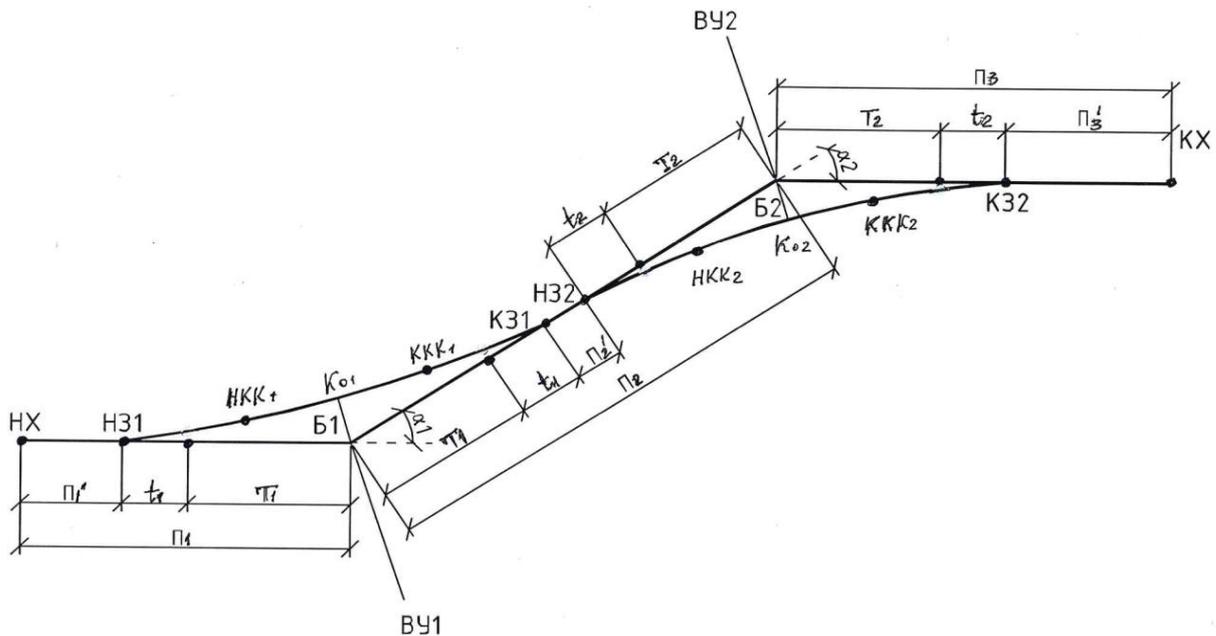


Рисунок 1 – Замена плана трассы ломанной линией.

Ориентировочно тангенсы круговых кривых можно определить, принимая сдвигку  $p = 0$  по формуле

$$T_i = R_i \cdot \operatorname{tg}(\alpha_i / 2)$$

Длину переходной кривой  $L_i$  назначают по таблице СН, а величину смещения начала закругления принимают равной  $t_i = 0,5 L_i$ .

6. Проверяют достаточность длин прямых  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  для размещения общих тангенсов закругления  $T_i + t_i$ .

Прямая  $\Pi_1$  (рис. 1) должна иметь длину не менее суммы  $(T_1 + t_1)$ , а длина прямой  $\Pi_3$  должна быть не менее суммы  $(T_2 + t_2)$ .

Протяженность прямой  $\Pi_2$  должна составлять не менее суммы общих тангенсов соседних закруглений.

$$\Pi_2 \geq (T_1 + t_1) + (T_2 + t_2),$$

Если, например,  $\Pi_2 < (T_1 + t_1) + (T_2 + t_2)$ , то необходимо уменьшить радиус первого или второго закругления и определить новые значения общих тангенсов

Если данное условие не выполняется, а значение радиуса круговой кривой принято минимально допустимым, необходимо повторно проектировать план трассы автомобильной дороги.

9. Определяют пикетное положение вершин углов поворота и конца хода:

$$ВУ1 = НХ + \Pi_1; \quad ВУ2 = ВУ1 + \Pi_2 - Д_1;$$

$$КХ = ВУ2 + \Pi_3 - Д_2; \quad КХ = \sum \Pi_i - \sum Д_i.$$

где  $Д_1$ ,  $Д_2$  – домеры первого и второго закруглений.

10. Вычисляют пикетное положение основных точек всех закруглений: начала закругления, начала и конца круговой кривой, конца закругления.

$$НЗ_1 = ВУ_1 - (T_1 + t_1);$$

$$НКК_1 = НЗ_1 + L_1;$$

$$ККК_1 = НЗ_1 + L_1 + K_{01};$$

$$КЗ_1 = НЗ_1 + 2L_1 + K_{01};$$

$$КЗ_1 = ВУ_1 + (T_1 + t_1) - Д_1.$$

11. Определяют длины прямолинейных участков трассы, оставшихся после вписывания закруглений.

$$\Pi_1 = НЗ_1 - НХ;$$

$$\Pi_2 = НЗ_2 - КЗ_1;$$

$$\Pi_3 = КХ - КЗ_2;$$

Если между соседними закруглениями имеется прямая вставка, то следует решить, допустима ли она, или ее следует устранить. Не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя горизонтальными кривыми, направленными в одну сторону. При длине вставки менее 100 м рекомендуется две кривых заменить одной большего радиуса. Прямые вставки длиной 100-300 м рекомендуется заменять переходными кривыми большего параметра. Прямая вставка может быть оставлена при ее длине более 700 м для дорог I, II категорий и более 300 м - для дорог III, IV категорий.

## Практическое занятие №5

### *. Построение продольного профиля и определение типов поперечников*

Проектную линию наносят методом тангенсов в следующей последовательности:

1. На черном профиле намечают контрольные точки и положение руководящих рабочих отметок (Рис. 1).

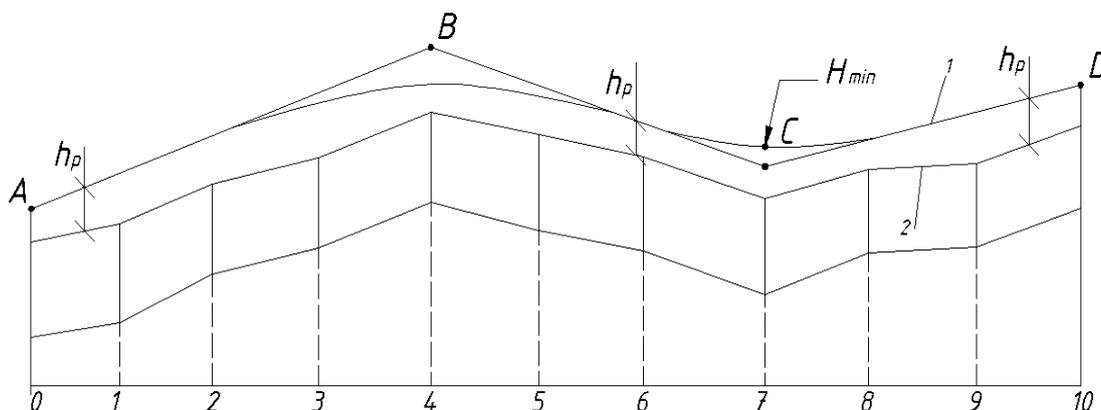


Рисунок 1 - Схема к нанесению проектной линии

1- проектная линия; 2- линия поверхности земли;  $h_p$  – руководящая рабочая отметка;  $H_{min}$  – контрольная отметка над трубой.

2. Намечают ориентировочное положение проектной линии в виде прямых и плавных кривых с учетом руководящих рабочих отметок, контрольных отметок фиксированных точек и минимальных отметок ограничивающих точек.

3. Полученное ориентировочное положение проектной линии заменяют ломаной прямой с отрезками прямых AB, BC, CD (Рис. 1).

4. Определяют графически пикетное положение и высотные отметки точек A, B, C, D ломаной.

5. Вычисляют уклоны прямых AB, BC, CD.

$$i_{AB} = (H_B - H_A) / (ПКВ - ПКА)$$

где  $i_{AB}$  – продольный уклон,

$H_A$ ,  $H_B$  – высотные отметки точек A и B,

ПКА, ПКВ – пикетное положение точек A и B,

6. Полученное значение величины продольных уклонов округляют до целого значения промилле.

7. Уточняют высотные отметки точек с учетом изменения величины уклона.

$$H_B = H_A + i \cdot l$$

8. Если в результате расчета величина продольного уклона равна целому числу промилле, то округлять величину уклон прямой и уточнять высотные отметки точек не надо.

9. Аналогично вычисляют продольные уклоны всех прямых.

10. Вычисляют переломы смежных прямолинейных участков проектной линии.

$$\omega = i_1 - (-i_2);$$

11. В переломы проектной линии вписывают вертикальные кривые постоянной кривизны.

12. Определяют радиусы вертикальных кривых.

13. Радиусы вертикальных кривых определяют следующими способами:

13.1 Графически определяют величину биссектрисы (вертикального отклонения кривой от точки перелома прямолинейных участков).

Зная величину биссектрисы кривой и значение перелома проектной линии, вычисляют радиус вертикальной кривой по формуле:

$$R_i = 8B_i / \omega^2,$$

где  $B_i$  – условная биссектриса вертикальной кривой;  
 $\omega$  – алгебраической разности соседних уклонов.

13.2 На проектной линии намечают начало и конец закруглений, определяют графически их пикетное положение и вычисляют длину вертикальной кривой как разность пикетных положений конца и начала закруглений.

$$K_i = \text{ПККЗ}_i - \text{ПКНЗ}_i$$

Длина выпуклых вертикальных кривых должна быть не менее 300м, а вогнутых не менее 100м.

Радиус вертикальной кривой вычисляют по формуле:

$$R_i = K_i / \omega,$$

где  $\omega$  – алгебраической разности соседних уклонов.

13.3 Радиус вертикальной кривой можно определить, зная длину вертикальной кривой и величину биссектрисы кривой по формуле:

$$R_i = K_i^2 / (8B_i),$$

где  $K_i$  – длина вертикальной кривой;

$B_i$  – условная биссектриса вертикальной кривой.

13.4 Радиус вертикальной кривой можно принять, причем его величина должна быть не менее допустимой по ТКП для заданной категории.

14. Полученный радиус вертикальной кривой сравнивают с минимальным значением по ТКП. Если вычисленное значение радиуса будет меньше допустимого по ТКП, то изменяют положение эскизной проектной линии и определяют новую величину радиуса вертикальной кривой.

Если радиус вертикальной кривой больше минимального, то округляют полученное значения радиуса с точностью до 100м.

15. Уточняют длину вертикальной кривой принятого радиуса по формуле

$$K_i = R_i * \omega,$$

## Практическое занятие №6

### *Расчет параметров вертикальных кривых*

Для плавного перехода с одного прямолинейного участка на другой в переломы проектной линии вписывают вертикальные кривые. Вертикальные кривые, сопрягающие прямолинейные участки, имеют большие радиусы (от 5 000 до 50 000м и более). Величина домера таких закруглений составляет менее 1 см. Поэтому при проектировании вертикальных кривых величину домера принимают равным нулю (Рис.1).

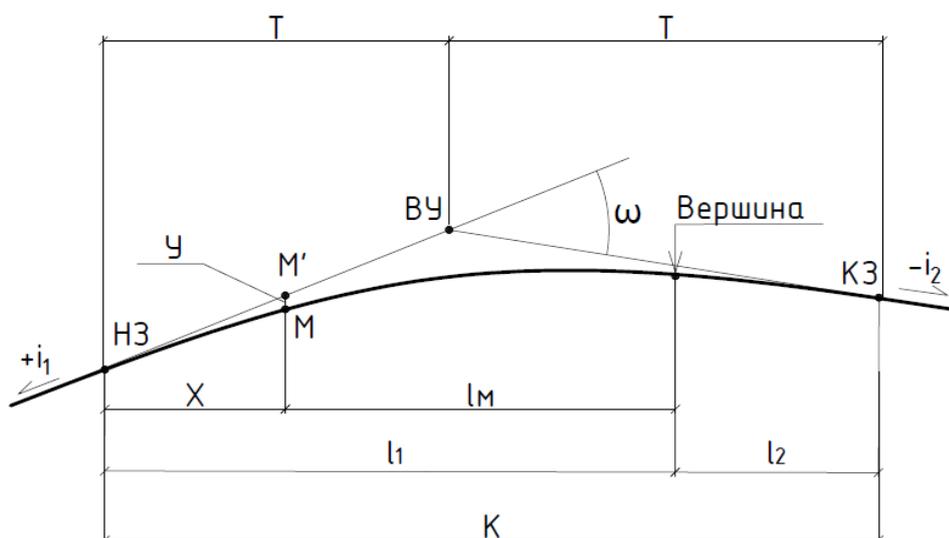


Рисунок 1 - Схема к расчету вертикальной кривой

$$Д = 2Т - К = 0; \quad \text{тогда} \quad Т = 0,5К.$$

Длину вертикальной кривой радиусом  $R$  определяют по формуле:

$$К = \omega \cdot R = [i_1 - (-i_2)] \cdot R;$$

Пикетное положение начала и конца кривой вычисляют по следующей зависимости:

$$НЗ = ВУ - Т; \quad КЗ = ВУ + Т.$$

Высотные отметки начала и конца закругления определяют по формуле:

$$Н_{НЗ} = Н_{ВУ} - Т \cdot i_1; \quad Н_{КЗ} = Н_{ВУ} + Т \cdot (-i_2).$$

Вертикальные кривые бывают выпуклые и вогнутые.

Точка на вертикальной кривой с наибольшей или наименьшей отметкой называют вершиной кривой (выпуклой или вогнутой).

Если продольные уклоны смежных прямолинейных участков проектной линии разного знака ( $+i_1, -i_2$  или  $-i_1, +i_2$ ), то вершина расположена в пределах участка вертикальной кривой (Рис. 2).

Если продольные уклоны прямолинейных участков имеют одинаковый знак, то вершина расположена за пределами кривой

Если уклон  $i_1$  по абсолютной величине больше уклона  $i_2$  ( $|i_1| - |i_2| > 0$ ), то вершина кривой находится *после* конца закругления. (Рис. 3).

Если уклон  $i_1$  по абсолютной величине меньше уклона  $i_2$  ( $|i_1| - |i_2| < 0$ ), то вершина кривой находится *до* начала закругления. (Рис. 4).

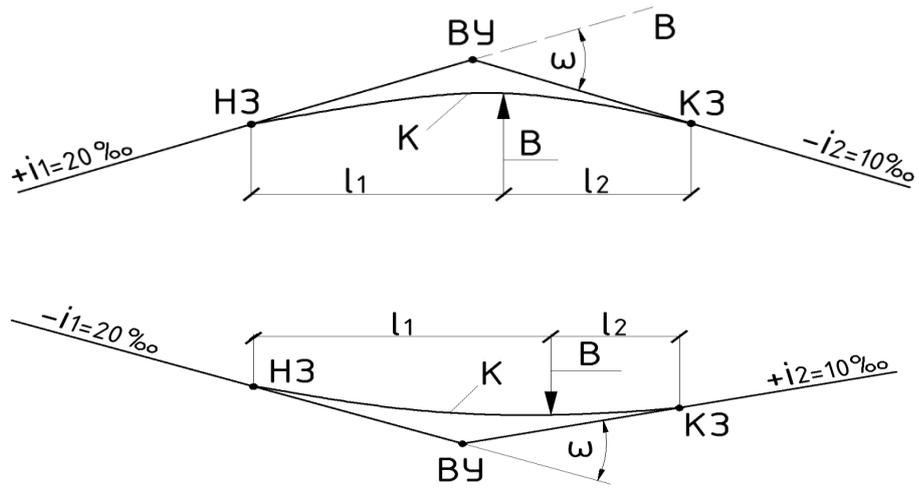


Рисунок 2 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой

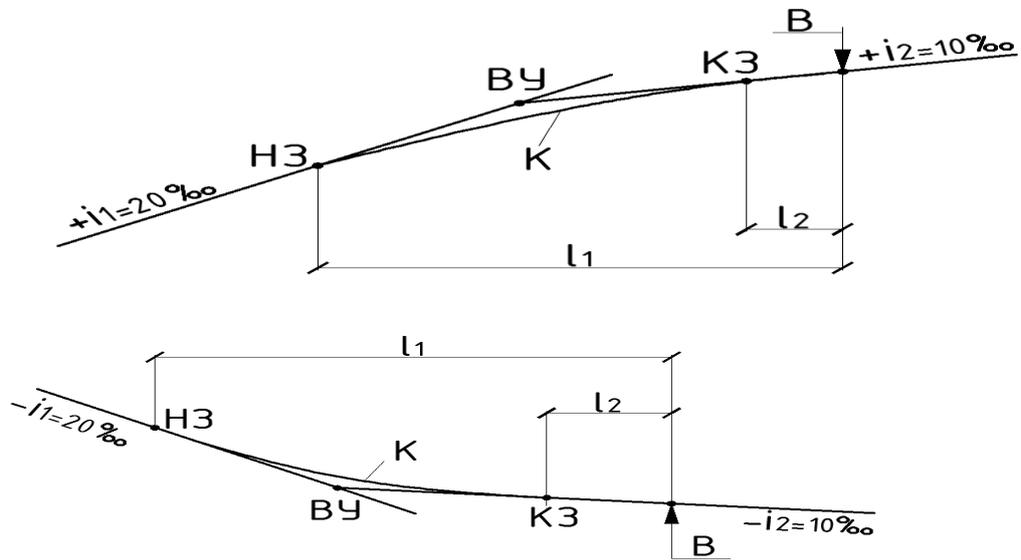


Рисунок 3 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой после конца закругления.

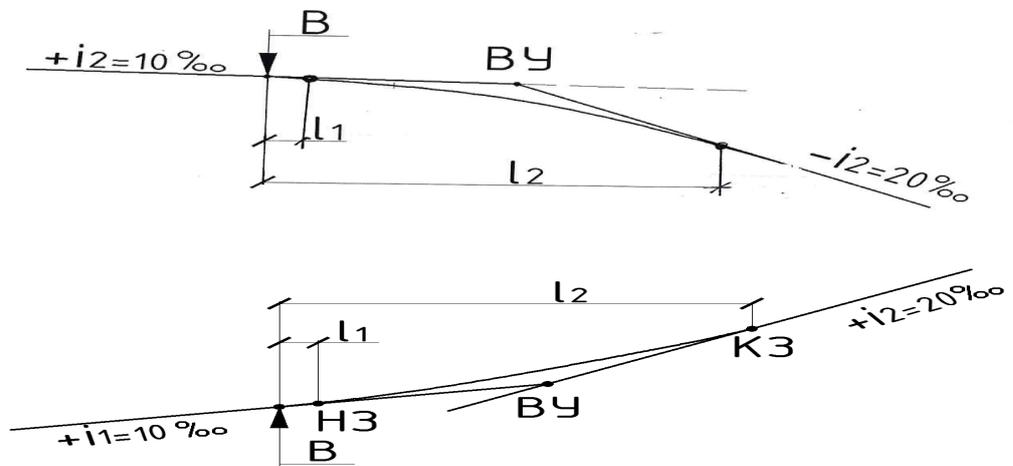


Рисунок 4 - Варианты расположения вершины вертикальной кривой до начала закругления.

Пикетное положение вершины вертикальной кривой определяют по формулам:

- при расположении вершины в пределах вертикальной кривой (Рис 2):

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} - l_2;$$

- при расположении вершины после конца кривой (Рис. 3):

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} + l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} + l_2;$$

- при расположении вершины до начала кривой (Рис. 16.4)

$$\text{ПКВ} = \text{НЗ} - l_1; \quad \text{ПКВ} = \text{КЗ} - l_2,$$

где  $l_1, l_2$  – расстояние от начала, конца вертикальной кривой до вершины, определяют по формулам:

$$l_1 = |i_1| R; \quad l_2 = |i_2| R,$$

где  $|i_1|; |i_2|$  – абсолютная величина уклонов касательных к началу и концу закругления в долях единицы.

Высотные отметка вершины вертикальной кривой определяют по формулам:

$$H_B = H_{\text{НЗ}} \pm l_1^2 / (2R); \quad H_B = H_{\text{КЗ}} \pm l_2^2 / (2R);$$

Знак плюс принимают в формуле для выпуклых кривых и знак минус – для вогнутых кривых (Рис.5).

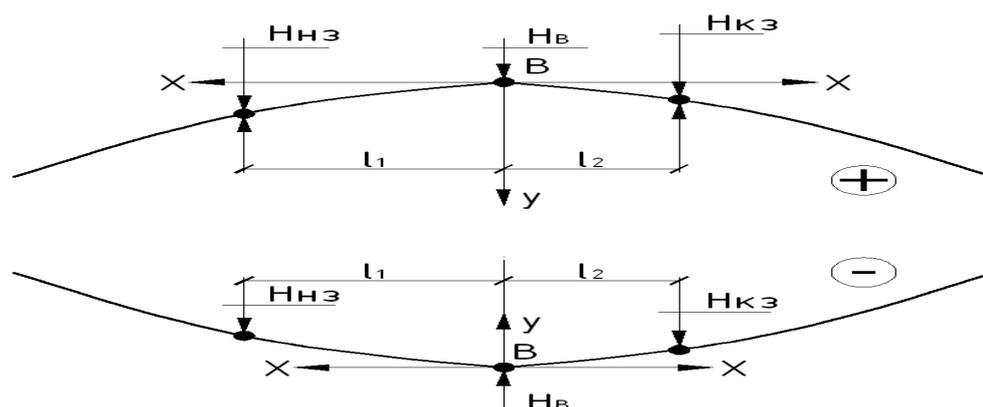


Рисунок 5 – Схема определения отметок вершины кривой

### Определение промежуточных точек на вертикальной кривой

Отметки промежуточных точек на вертикальной кривой вычисляют двумя способами.

**Первый способ.** Начало декартовых координат располагается в вершине кривой в точке В,

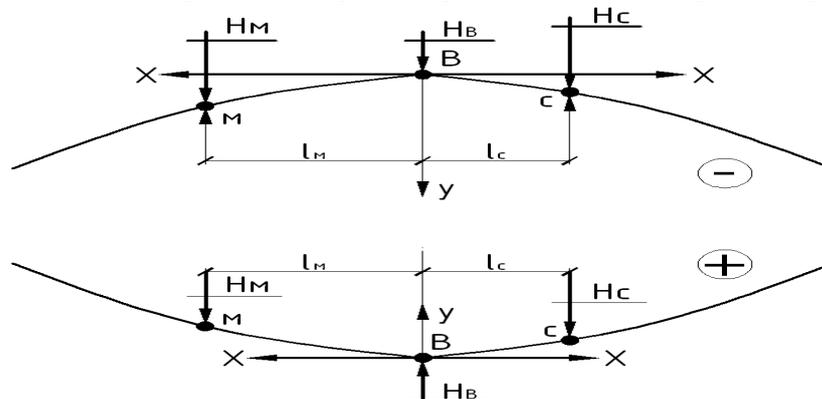


Рисунок 6 - Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой по первому способу.

Отметки промежуточных точек вычисляются по формуле:

$$H_M = H_B \pm \ell_M^2 / (2R),$$

где  $\ell_M$  - расстояние от вершины вертикальной кривой до промежуточной точки  $M$ ;

$H_B$  - отметка точки в вершине  $B$ ;

$R$  - радиус вертикальной кривой.

Знак минус принимают для выпуклых кривых, а знак плюс - для вогнутых кривых.

**Второй способ.** Начало декартовых координат  $x, y$  располагается в начале или конце закругления, а ось  $x$  направляется по касательной к вертикальной кривой в точке  $HЗ$  или  $KЗ$

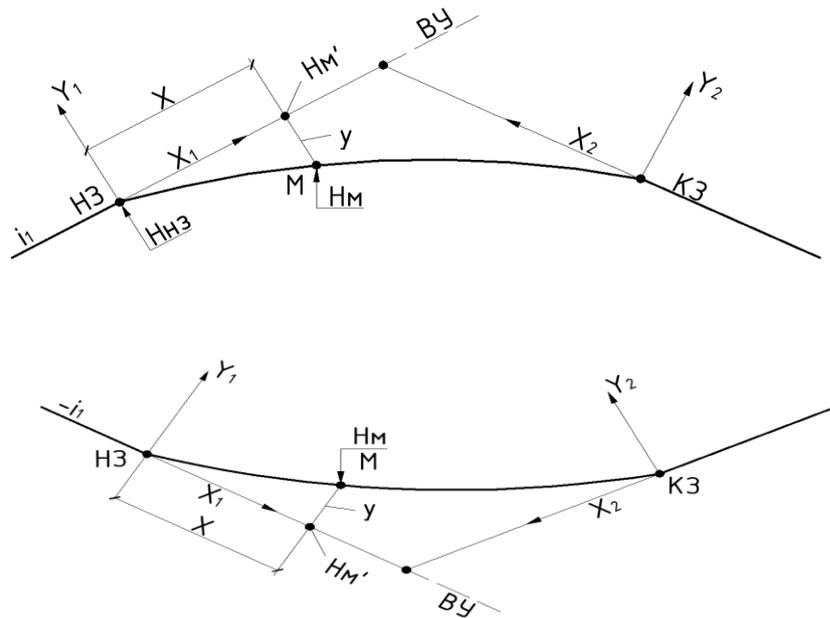


Рисунок 7 - Схема определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой по второму способу.

Отметки промежуточной точки на вертикальной кривой вычисляются по формуле

$$H_M = H_{HЗ} + xi_1 \mp x^2 / (2R),$$

где  $x$  - расстояние от начала координат до промежуточной точки на кривой;

$i_1$  - уклон касательной к вертикальной кривой в начале координат с учетом знака в направлении оси  $x$ .

Знак минус перед последним слагаемым принимается для выпуклых кривых, а знак плюс для вогнутых кривых.

Если полученные рабочие отметки неудачны, например, в промежуточных точках не соблюдается необходимое возвышение низа дорожной одежды над уровнем источников увлажнения или дорога на значительной протяженности проходит в мелкой выемке, изменяют положение проектной линии.

## Практическое занятие №7

### Расчет кюветов на участках низких насыпей и выемок

Возможны два варианта проектирования кювета с уклоном более 5‰: в выемке (Рис.1) и на участке низкой насыпи (Рис.2).

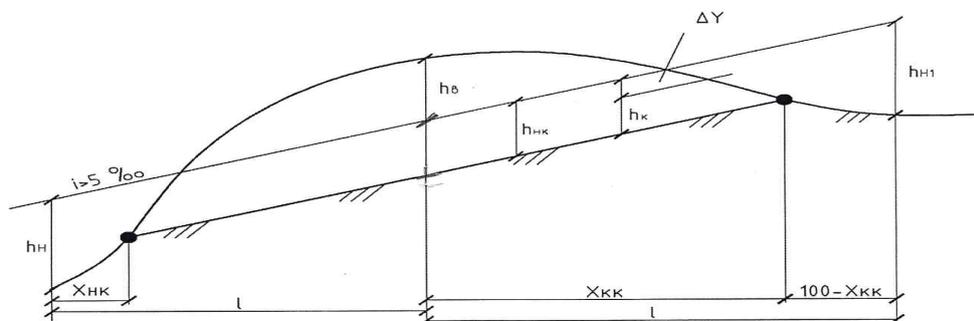


Рисунок 1 - Схема определения положения начала и конца кювета в выемке на участке с продольным уклоном больше 5‰.

Определение положения начала и конца кювета в выемке на участке с продольным уклоном больше 5‰ производят в следующей последовательности:

7) Определяют глубину кювета в зависимости от толщины дорожной одежды.

$$h_k = h_{д.о} + 0,2;$$

8) Определяют глубину кювета в зависимости от типа грунта.

9) В дальнейших расчетах принимают большее значение глубины кювета.

10) Вычисляют высоту насыпи, при которой начинается или заканчивается кювет.

$$h_{нк} = h_k + \Delta Y;$$

где  $h_k$  – принятая глубина кювета;

$\Delta Y$  – разность отметок оси дороги и бровки обочины

$$\Delta Y = i_n (0,5b + c) + i_o (a - c);$$

где  $i_n, i_o$  – поперечные уклоны проезжей части и обочины;

$b$  – ширина проезжей части двух полосной дороги;

$a, c$  – ширина обочины и укрепленной полосы.

11) Определяют положение начала кювета.

Если  $h_n > h_{нк}$ , то расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_n$  до начала кювета определяют по формуле.

$$X_{нк} = l \cdot \frac{h_n - h_{нк}}{h_n + h_b},$$

12) Определяют положение конца кювета.

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_b$  до конца кювета определяют по формуле.

$$X_{кк} = l \cdot \frac{h_b + h_{нк}}{h_b + h_{н1}},$$

Для проверки расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле

$$X_{KK} = 100 - l \cdot \frac{h_{H1} - h_{HK}}{h_{H1} + h_{\epsilon}},$$

Положение начала и конца кювета на участке низкой насыпи с продольным уклоном больше 5‰ определяют в следующей последовательности.

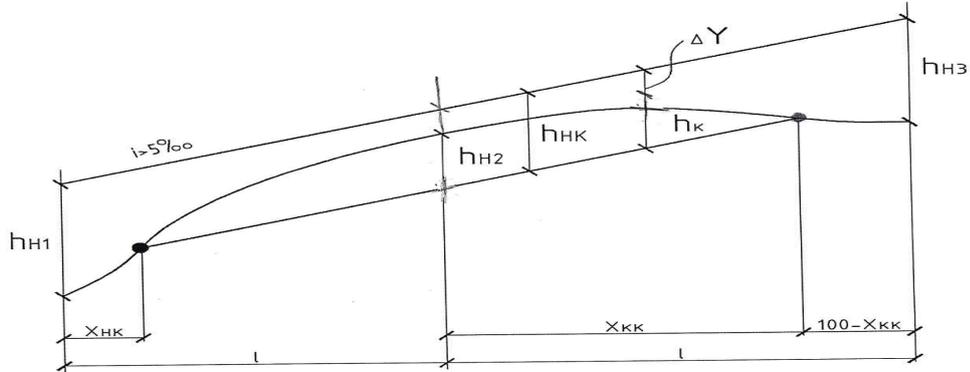


Рисунок 2 - Схема определения положения начала и конца кювета на участке низкой насыпи с продольным уклоном больше 5‰.

Вычисляют высоту насыпи, при которой начинается или заканчивается кювет.

$$h_{HK} = h_{\epsilon} + \Delta Y;$$

Если  $h_{H2} < h_{HK}$ , то начало кювета будет располагаться между поперечниками с рабочими отметками  $h_{H1}$  и  $h_{H2}$

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_{H1}$  до начала кювета определяют по формуле.

$$X_{HK} = l * \frac{h_{H1} - h_{HK}}{h_{H1} - h_{H2}},$$

Расстояние от поперечника с рабочей отметкой  $h_{H2}$  до конца кювета определяют по формуле.

$$X_{KK} = l * \frac{h_{HK} - h_{H2}}{h_{H3} - h_{H2}},$$

Для проверки расчета положение конца кювета можно определить по другой формуле

$$X_{KK} = 100 - l * \frac{h_{H3} - h_{HK}}{h_{H3} - h_{H2}},$$

При уклоне кювета более 5% на продольном профиле графы 6 и 9 не заполняют, а в графах 5 и 8 указывают глубину кювета (например,  $h_{\epsilon} = 0,8$ ) и расстояние до ближайшего пикета от начала и конца кювета.

Для предотвращения размыва дно и стенки кювета укрепляют.

В зависимости от продольного уклона применяют следующие типы укрепления: [13]

- 1) засев трав с плакировкой при уклонах до 20‰;
- 2) одерновка откосов и укрепление дна гравием (щебнем) при продольных уклонах дна до 30‰;

- 3) мощение откосов и дна камнем, бетонными плитами при уклоне 30 - 50‰;
- 4) перепады, быстротоки при уклоне > 50‰.

Протяженность кювета с заданным уклоном на вертикальных кривых определяют по формуле:

$$l = i * R,$$

где, R – радиус вертикальной кривой, м.

*i* – величина продольного уклона кювета, равная продольному уклону проектной линии,

Например, при радиусе вертикальной кривой R = 10 000м. протяженность кювета с уклоном 5‰ составит  $l = 0,01 R = 100$ м.

Кювет с продольным уклоном 20‰ будет находиться на расстоянии 200 м от вершины кривой ( $l = i * R = 0,020 * 10\ 000 = 200$ м), включая 100м кювета с уклоном 5‰. Протяженность кювета с уклоном 20‰ составит 100м (200 -100).

Кювет с продольным уклоном 30‰ будет находиться на расстоянии 300 м от вершины кривой ( $l = i * R = 0,030 * 10\ 000 = 300$ м), включая 100м кювета с продольным уклоном 20‰ и 100м кювета с уклоном 5‰. Протяженность кювета с уклоном 30‰ составит 100м (300 -200).

Кювет с продольным уклоном 40‰ будет находиться на расстоянии 400 м от вершины кривой ( $l = i * R = 0,040 * 10\ 000 = 400$ м), включая 100м кювета с продольным уклоном 30‰, 100м кювета с продольным уклоном 20‰ и 100м кювета с уклоном 5‰. Протяженность кювета с уклоном 40‰ составит 100м (400 -300).

Типы укрепления назначают по величине продольного уклона проектной линии и записывают в графы 3, 7 таблицы исходной информации и проектных решений продольного профиля, например «засев трав», «одерновка», «укрепление гравием», «мощение камнем», «бетонные плиты» и т.д. Там же отмечают границы принятых типов укрепления.

### **Перечень практических занятий - 4 семестр**

**Практическое занятие №1.** Определение объемов земляных работ.

**Практическое занятие №2.** Построение графика распределения земляных масс.

**Практическое занятие №3.** Определение объемов подготовительных работ.

**Практическое занятие №4.** Определение объемов работ по устройству водопропускных труб.

**Практическое занятие №5.** Расчет параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером.

**Практическое занятие №6.** Расчет параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером

**Практическое занятие №7.** Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена

**Практическое занятие №8.** Расчет объемов работ и ресурсов по устройству дорожной одежды.

**Практическое занятие №9.** Построение календарного графика производства дорожно-строительных работ.

### **Практическое занятие №1**

### *Определение объемов земляных работ.*

При организации работ по строительству участка автомобильной дороги необходимо знать объемы предстоящих земляных работ.

Объемы земляных работ включают в себя объемы насыпей, выемок, присыпных обочин, снимаемого плодородного слоя.

Для принятой конструкции дорожной одежды вычисляют ширину верха земляного полотна по формуле:

$$B = B_{\text{п}} + 2m (\Delta h - \Delta Y), \quad (1)$$

где  $B$  - ширина верха земляного полотна, м.;

$B_{\text{п}}$  – ширина земляного полотна (расстояние между бровками обочины), принимают в зависимости от категории дороги, м.;

$\Delta h$  - снижение бровки верха земляного полотна относительно оси проезжей части м, определяют по формуле 2;

$\Delta Y$  - разность отметок оси проезжей части и бровки обочины, определяют по формуле 4;

$m$  – заложение откоса насыпи;

$$\Delta h = H_1 + i_{3\text{п}} \cdot m \cdot H_1 + \Delta Y; \quad (2)$$

$$H_1 = H - (i_{\text{п}} - i_{3\text{п}}) \cdot (0,5b + c) - (i_0 - i_{3\text{п}}) \cdot (a - c), \quad (3)$$

где  $H$  – толщина дорожной одежды по оси проезжей части, м;

$i_{3\text{п}}$  – поперечный уклон верха земляного полотна ( $i_{3\text{п}} = 0,03$ );

$m$  – заложение откоса насыпи;

$i_{\text{п}}$  – поперечный уклон проезжей части ( $i_{\text{п}} = 0,02$ );

$b$  – ширина проезжей части дорог II–VI категорий, м;

$c$  – ширина укрепленной полосы, м;

$a$  – ширина обочины, м.

$\Delta Y$  – разность отметок оси дороги и бровки обочины:

$$\Delta Y = (0,5b + c) \cdot i_{\text{п}} + (a - c) \cdot i_0; \quad (4)$$

где  $i_0$  – поперечный уклон обочины ( $i_0 = 0,04$ );

Схема к определению объема насыпи и присыпных обочин приведена на рис. 1.

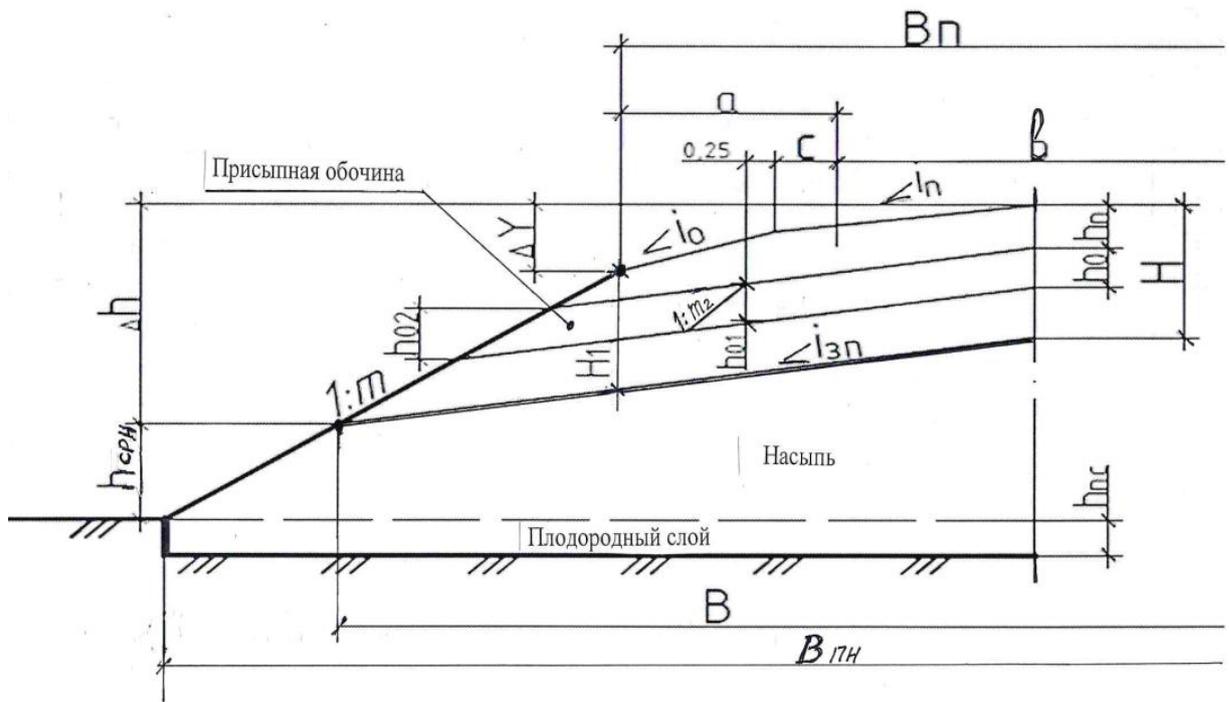


Рис.1- Схема к определению объема насыпи и присыпных обочин.

### Определение объемов насыпей

Объем насыпи высотой до 6,0 м определяют по формуле:

$$W_H = (Bh_{срн} + mh_{срн}^2 + 0,25 \cdot i_{зп} B^2) \cdot l_n, \quad (5)$$

где  $m$  – заложение откоса насыпи;

$h_{срн}$  – средняя высота насыпи земляного полотна;

$l_n$  – длина участка насыпи.

$$h_{срн} = 0,5 \cdot (h_{н1} + h_{н2}) - \Delta h, \quad (6)$$

где  $h_{н1}$  и  $h_{н2}$  – рабочие отметки на пикетах в начале и конце участка насыпи.

Объем плодородного слоя толщиной  $h_{пс}$ , снимаемого на участке насыпи определяют по формуле:

$$W_{пс} = B_{пн} \cdot l_n \cdot h_{пс} \quad (7)$$

где  $B_{пн}$  – ширина подошвы насыпи;

$$B_{пн} = B + 2 \cdot m \cdot h_{срн} \quad (8)$$

Общий объем насыпи с учетом объема плодородного слоя составит:

$$W_{\text{НО}} = W_{\text{Н}} + W_{\text{пс}} . \quad (9)$$

При высоте насыпи более 6 м объем насыпи определяют по формуле:

$$W_{\text{Н}} = \left[ Bh_{\text{срн}} + mh_{\text{срн}}^2 + 0.25 \cdot i_{3\text{П}} B^2 + 0.25 \cdot (h_{\text{срн}} + \Delta h - 6)^2 \right] \cdot l_{\text{н}}$$

Объем плодородного слоя вычисляют по формуле:

$$W_{\text{пс}} = \left[ B + 2m \cdot (6 - \Delta h) + 2(m + 0,25) \cdot (h_{\text{срн}} + \Delta h - 6) \right] \cdot h_{\text{пс}} \cdot l_{\text{н}}$$

### Определение объемов выемок

Объем выемки (рис. 2) вычисляют по формуле:

$$W = (B_1 h_{\text{срв}} + m_1 h_{\text{срв}}^2 - 0.25 \cdot i_{3\text{П}} B^2) \cdot l_{\text{в}} \quad (10)$$

где  $B_1$  – ширина выемки по низу (рис. 2);

$h_{\text{срв}}$  – средняя глубина выемки;

$m_1$  – заложение откосов со стороны местности;

$i_{3\text{П}}$  – поперечный уклон верха земляного полотна ( $i_{3\text{П}} = 0,03$ );

$B$  – расстояние между бровками верха земляного полотна (см. рис. 3), вычисляют по формуле (1).

$l_{\text{в}}$  – длина участка выемки.

$$B_1 = B + 2 \cdot (m + m_1) \cdot (h_{\text{к}} - \Delta h + \Delta Y) + 2a_{\text{к}} , \quad (11)$$

где  $m$  – заложение откоса со стороны обочины;

$h_{\text{к}}, a_{\text{к}}$  – глубина и ширина кювета.

$$h_{\text{срв}} = 0,5 \cdot (h_{\text{в1}} + h_{\text{в2}}) + \Delta h, \quad (12)$$

где  $h_{\text{в1}}$  и  $h_{\text{в2}}$  – рабочие отметки на пикетах на концах участка выемки длиной  $l$ ;

$\Delta h$  – снижение бровки верха земляного полотна.

Объем плодородного слоя, снимаемого до разработки грунта выемки на участке длиной  $l$ :

$$W_{\text{пс}} = B_{\text{рв}} \cdot h_{\text{пс}} \cdot l_{\text{в}} , \quad (13)$$

$$B_{pв} = B_1 + 2 \cdot m_1 \cdot h_{срв}, \quad (14)$$

где  $B_{pв}$  – ширина выемки по верху (ширина раскрытия выемки), м;  
 $B_1$  – ширина выемки по низу, м;  
 $h_{пс}$  – толщина плодородного слоя, м.

Общий объем выемки без учета плодородного слоя составит:

$$W_{во} = W_B - W_{пс} \quad (15)$$

Схема к определению объема выемки приведена на рис. .2.

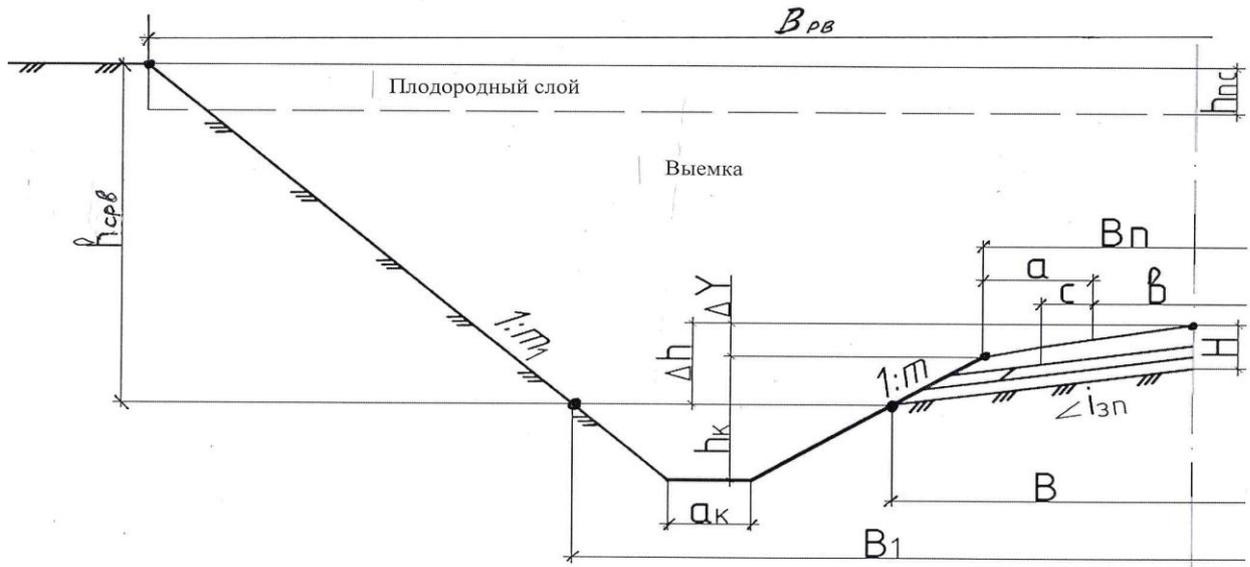


Рис. 24.2. Схема к определению объема выемки

На участке перехода насыпи в выемку (рис. 3) длину участка насыпи  $l_H$  определяют по формуле (16)

$$l_H = \frac{h_H - \Delta h}{h_H + h_B} l \quad (16)$$

Среднюю высоту насыпи на этом участке определяют по формуле 17 (рис. 3).

$$h_{срн} = 0,5 \cdot (h_H - \Delta h + 0) \quad (17)$$

Объем насыпи на участке перехода насыпи в выемку определяют по формуле (5).

Объем плодородного слоя, снимаемого на участке насыпи и общий объем насыпи с учетом плодородного слоя определяют по формулам (7 -9).

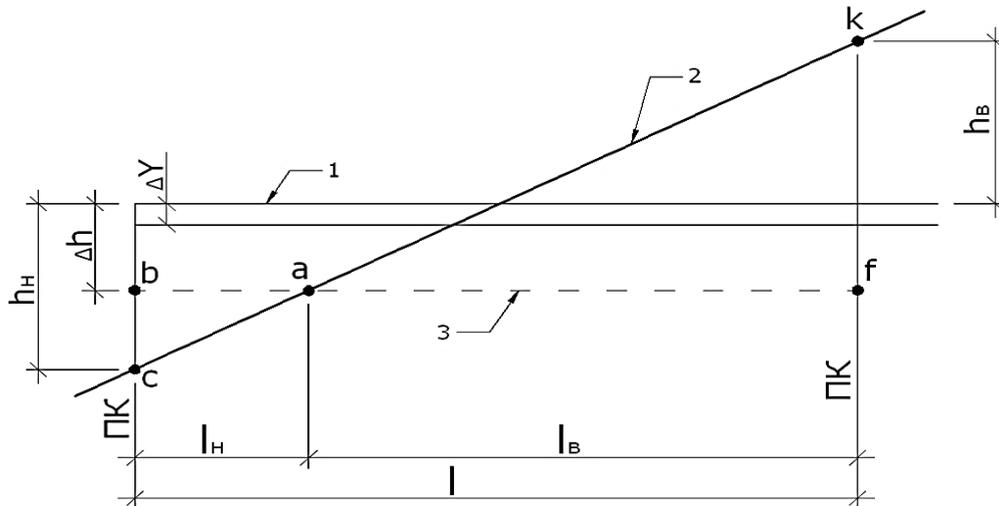


Рис. 3. Схема к определению длины участка насыпи  $l_n$  и выемки  $l_b$   
 $l$  – проектная линия; 2 – черный профиль; 3 – бровка верха земляного полотна

На участке перехода насыпи в выемку (рис. 3) длину участка выемки  $l_b$  определяют по формуле (18).

$$l_b = \frac{h_b + \Delta h}{h_n + h_b} l \quad (18)$$

Среднюю глубину выемки на этом участке определяют по формуле 19 (рис.3).

$$h_{срв} = 0,5 \cdot (0 + h_b + \Delta h) \quad (19)$$

Объем выемки на участке перехода насыпи в выемку вычисляют по формуле (10).

Объем плодородного слоя, снимаемого до разработки грунта выемки на этом участке и общий объем выемки без учета плодородного слоя вычисляют по формулам 13- 15.

## Практическое занятие №2

### Построение графика распределения земляных масс.

Для определения объема работ бульдозерного, скреперного, экскаваторного звена и расстояния перемещения грунта строят упрощенный график распределения земляных масс.

При составлении графика распределения земляных масс, вычисленные объемы выемки и насыпи с точностью до  $1 \text{ м}^3$  на каждом пикете записывают соответственно в первую и вторую строчки, расположенные в нижней части рисунка. В третьей строчке указывают длину участка насыпи или выемки с точностью до 1м.

Затем производят распределение грунта по пикетам. Грунт из выемок перемещают в смежные и ближайšie насыпи. В данном примере на пикете ПК3 необходимо отсыпать насыпь на участке длиной 7м с объемом грунта  $15 \text{ м}^3$ . На этом же пикете имеется выемка с объемом грунта  $2580 \text{ м}^3$ . Грунт пригоден для возведения насыпи, поэтому грунт из выемки, расположенной на ПК3 можно использовать для отсыпки смежной насыпи. Так как

расстояние перемещения земляных масс составляет до 100м, грунт объемом 15 м<sup>3</sup> разрабатывают бульдозером (мощность бульдозера приведена в задании).

На рисунке показывают условное обозначение ведущей машины звена (Б - бульдозерного, С - скреперного, Э – экскаваторного), направление и расстояние перемещения (для бульдозерного звена с точностью до 10м, для скреперного – с точностью до 100м) и объем грунта. Например, условное обозначение (Б<sub>10</sub> - 15) показывает, что грунт перемещают бульдозером на расстояние до 10м, объемом - 15 м<sup>3</sup>.

На пикет ПК2 необходимо переместить 1300 м<sup>3</sup> грунта. Этот грунт можно взять с ближайшего пикета ПК3 и переместить бульдозером. Расстояние перемещения грунта при этом составит 100м (перемещение со смежного пикета). На рисунке стрелкой обозначают, с какого пикета грунт берут и на какой пикет перемещают. Над стрелкой пишут условное обозначение этой операции - (Б<sub>100</sub> - 1300).

Из выемки, расположенной на пикете ПК3, необходимо переместить 2580 м<sup>3</sup> грунта. В насыпь пикета ПК3 перемещено бульдозером 15 м<sup>3</sup> и на пикет ПК2 – 1300 м<sup>3</sup> грунта, всего 1315 м<sup>3</sup>. Осталось в выемке на пикете ПК3 (2580 - 1315 = 1265 м<sup>3</sup>) грунта. Этот объем грунта можно переместить в насыпь ближайшего пикета ПК1. Так как грунт перемещают с пикета ПК3 на пикет ПК1, расстояние перемещения грунта составит 200м (перемещение грунта через один пикет). Перемещение грунта на 200м производят скреперами (объем ковша скрепера указан в задании). Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК3 на пикет ПК1, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (С<sub>200</sub> - 1265). На пикет ПК1 необходимо переместить в насыпь 2050 м<sup>3</sup> грунта. С пикета ПК3 доставлено на пикет ПК1 - 1265 м<sup>3</sup> грунта, Еще необходимо переместить на пикет ПК1 (2050 – 1265 = 785 м<sup>3</sup>). Этот объем грунта берут из выемки пикета ПК4. Расстояние перемещения грунта составит 300м (перемещение грунта через два пикета). В данном случае для перемещения грунта на расстояние до 300м можно было использовать скреперы, но для учебных целей на разработке выемки с большим объемом грунта будем применять экскаваторное звено (объем ковша экскаватора указан в задании) с погрузкой грунта в автосамосвалы. Перемещение грунта на 300м производят автосамосвалами (экскаваторное звено). Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК4 на пикет ПК1, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (Э - 785). В насыпь пикета ПК0 необходимо привести 1390 м<sup>3</sup> грунта. Этот объем грунта берут из выемки пикета ПК4. Расстояние перемещения грунта составит 400м (перемещение грунта через три пикета). Перемещение грунта на 400м производят автосамосвалами. Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК4 на пикет ПК0, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (Э - 1390).

Аналогично производят распределение грунта на пикетах ПК 5, 6, 7. На пикет ПК8 необходимо переместить 1300 м<sup>3</sup> грунта. С пикета ПК5 доставлено автосамосвалами на пикет ПК8 640 м<sup>3</sup> грунта. Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК5 на пикет ПК8, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (Э - 640). Дополнительно необходимо перевезти на пикет ПК8 (1300 – 640 = 660 м<sup>3</sup>) грунта. Этот объем грунта перевозят автосамосвалами с пикета ПК4. Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК4 на пикет ПК8, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (Э - 660). На пикет ПК9 перевозят 1040 м<sup>3</sup> грунта из выемки, расположенной на пикете ПК4. Стрелкой показывают, что грунт перемещают с пикета ПК4 на пикет ПК9, а над стрелкой записывают условное обозначение операции - (Э - 1040). Объем выемки на пикете ПК4 составляет 6180 м<sup>3</sup>. Перемещено в насыпь на ПК1 - 785 м<sup>3</sup>, на ПК0 - 1390 м<sup>3</sup>, на ПК8 -

660 м<sup>3</sup>, на ПК9 - 1040 м<sup>3</sup>, - всего 3875 м<sup>3</sup>. Осталось на ПК 4 (6180 – 3875 = 2305 м<sup>3</sup>) грунта. Этот объем грунта перевозят на ближайшие участки строительства автомобильной дороги ли на другой объект.

Если для отсыпки насыпи не хватает грунта из выемок, дополнительный объем грунта доставляют из сосредоточенных резервов или ближайших карьеров.

Отдельно для каждого звена определяют объемы распределения земляных масс с учетом расстояния перемещения грунта. Для бульдозерного звена расстояние перемещения грунта принимают с точностью 10м, для скреперного - с точностью 100м. Отдельно определяют объем бульдозерных работ  $V_{\delta}$  при перемещении грунта на 10м (Б<sub>10</sub> - ), 20м (Б<sub>20</sub> - ), 30м (Б<sub>30</sub> - ) и т.д., объем скреперных работ  $V_{скр}$  при перемещении грунта на 100м (С<sub>100</sub> - ), 200м (С<sub>200</sub> - ) и т.д. и объем экскаваторных работ  $V_{экс}$  при перемещении грунта до 1000м.

Нормы времени для выполнения отдельных видов работ ведущими и вспомогательными машинами, а также рабочей силы определяют по нормативным документам.

Общую трудоемкость работ в машино-часах и человеко-часах определяют отдельно для каждого звена путем умножения объема работ на норму времени.

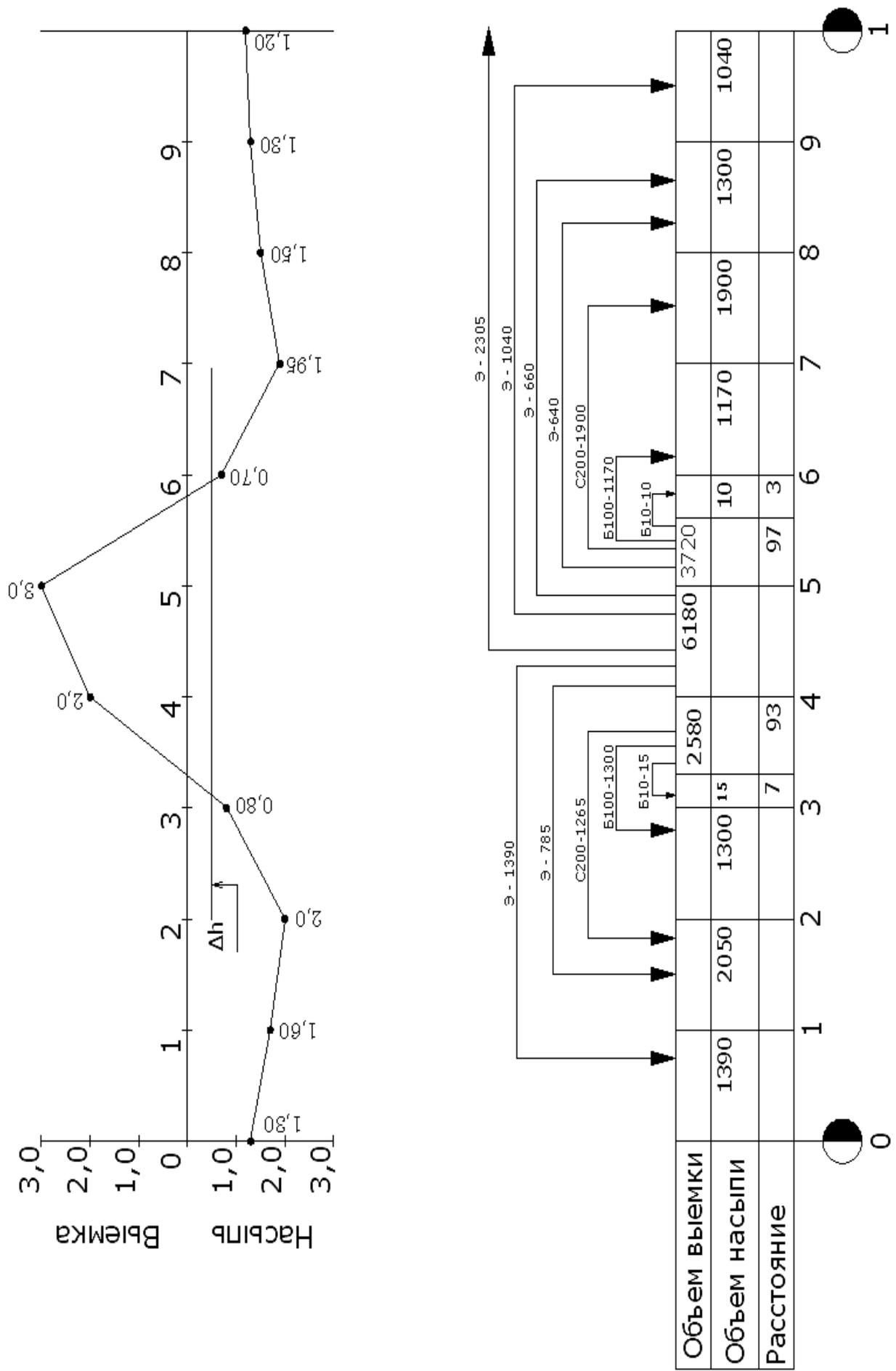


Рис. 1. Схема распределения земляных масс

## Практическое занятие №3

### Определение объемов подготовительных работ.

Продолжительность подготовительных работ принимают 6-10% от общего срока строительства.

Расчет объемов для выполнения подготовительных работ производят в следующей последовательности:

1. Определяют разность отметок оси дороги и бровки обочины:

$$\Delta Y = (0,5v + c) \cdot i_n + (a - c) \cdot i_o,$$

где  $v$  - ширина проезжей части, м;

$c$  - ширина укрепленной полосы обочины, м;

$a$  - ширина обочины, м;

$i_n, i_o$  - поперечный уклон покрытия и обочины

2. Определяют ширину верха земляного полотна:

$$B = B_n + 2m (\Delta h - \Delta Y),$$

где  $B_n$  - ширина (земляного) дорожного полотна, м.

$m$  - заложение откоса при высоте насыпи до 2 м  $m = 1:3$ .

3. Определяют среднюю высоту земляного полотна в насыпи:

$$h^{cp}_n = 0,5(h_{n1} + h_{n2}) - \Delta h,$$

где  $h_{n1}, h_{n2}$  - высота насыпи на пикетах, м.

4. Определяют ширину подошвы насыпи:

$$B_{nn} = B + 2m h^{cp}_n,$$

5. Определяют ширину полосы валки леса. Прибавляют с каждой стороны по 2 м до границы полосы отвода:

$$B_{лн} = B_{nn} + 4,$$

6. Определяют ширину выемки понизу:

$$B_l = B + 2 \cdot (m + m_l) \cdot (h_k - \Delta h + \Delta Y) + 2a_k$$

где  $m$  - заложение откоса со стороны обочины, принимают  $m = 1:3$  при высоте насыпи менее 2,0 м для автомобильных дорог III - IV технической категории и менее 3,0 м для автомобильных дорог II технической категории;

$m_l$  - заложение откоса со стороны со стороны местности ( $m_l = 1:2$ );

$h_k$  - глубина кювета;

$a_k$  - ширина кювета, м;  $a_k = 0,4$  м.

7. Определяют среднюю глубину выемки:

$$h^{cp}_e = 0,5(h_{e1} + h_{e2}) + \Delta h.$$

8. Определяют ширину раскрытия выемки:

$$B_{pe} = B_l + 2 \cdot m_l \cdot h^{cp}_e$$

9. Определяют ширину полосы валки леса на участке выемки. Добавляют с каждой стороны по 2 м до границы полосы отвода:

$$B_{лв} = B_{рв} + 4$$

10. Определяют площадь леса на двух участках

$$S_{л} = (B_{лн} \cdot L_{лн}) + (B_{лв} \cdot L_{лв})$$

11. Определяют количество деревьев на 1 га, по НРР 8.03.101-2017 таблица 7 или табл. 1 данного пособия.

12. Определяют количество деревьев на двух участках:

$$N_{\partial} = \frac{S \cdot N}{10000}, \text{ (принимают целое число деревьев)}$$

13. Определяют площадь снятия плодородного слоя на участках насыпи и выемки:

$$\text{на участке насыпи } S_{псн} = B_{пн} \cdot L_{пн}, \text{ на участке выемки } S_{псв} = B_{р.в} \cdot L_{в}$$

14. Определяют объем снятия плодородного слоя :

$$\text{на участке насыпи } V_{псн} = S_{псн} \cdot h_{пс}, \text{ на участке выемки } V_{псв} = S_{псв} \cdot h_{пс}$$

Таблица 1 - Количество деревьев и объем древесины, полученный с 1 га леса в зависимости от его густоты

Характеристика леса				Примерный выход древесины с 1 га, плотные м <sup>3</sup>			
По крупности	Диаметр в см		По густоте	По числу деревьев на 1 га	Всего	В том числе на 1 га	
	ствола	пня				деловой	дровяной
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Крупный	Более 32	Более 34	Густой	300	190	160	30
			Средний	190	140	120	20
			Редкий	70	90	80	10
2. Средней крупности	До 32	До 34	Густой	530	180	155	25
			Средний	350	130	110	20
			Редкий	170	80	70	10
3. Мелкий	До 24	До 26	Густой	960	170	145	25
			Средний	600	120	100	20
			Редкий	420	70	60	10
4. Очень мелкий	До 16	До 18	Густой	1550	150	130	20
			Средний	1000	100	85	15
			Редкий	570	50	43	7
5. Тонкомерный (подлесок)	До 11	До 12	Густой	4090	60	52	8
			Средний	3260	45	38	7
			Редкий	2400	30	26	4

Примечание :  
Диаметры стволов деревьев измеряются по высоте 1,3 м от поверхности земли.

### Практическое занятие № 3

#### Определение объемов работ по устройству водопропускных труб

Исходными данными для определения объемов работ являются диаметр трубы, ее длина (Рис. 1), и тип фундамента. Расчет ресурсов по устройству железобетонных труб производят по НРР сборник № 30 «Мосты и трубы» (НРР 8.03.130-2017).

По каждому виду работ по НРР определяют нормы времени в машино-часах и человеко-часах на единицу измерения. Общую трудоемкость работ определяют путем умножения объема работ на нормы времени.

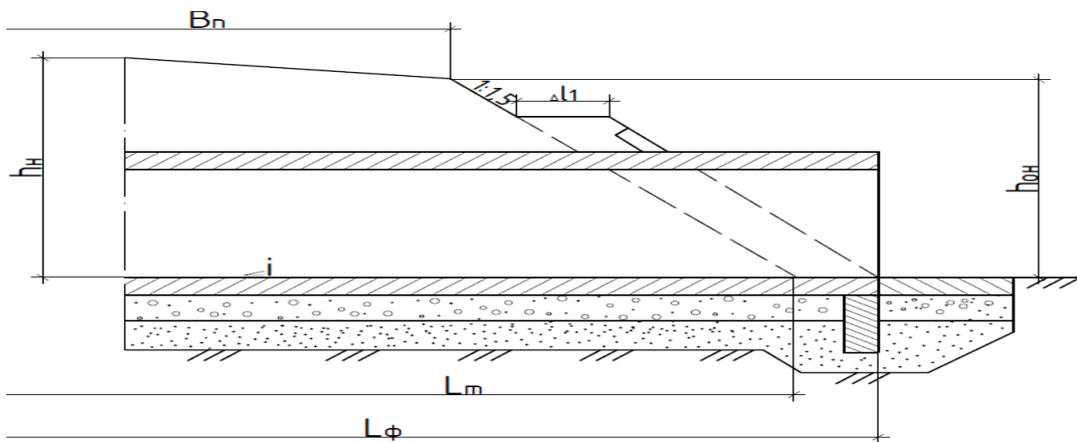


Рис. 1 - Схема к определению длины трубы.

Определение объемов работ по устройству водопропускных труб производят в следующей последовательности:

1. Предварительно проверяют достаточность заданной высоты насыпи по засыпке над трубой.

$$h_n = d + t + 0,5 + h_{мс} ,$$

где  $d, t$  – диаметр и толщина стенки круглой трубы (таблица 1);

$h_{мс}$  – толщина монолитных слоев дорожной одежды;

2. Теоретическую длину трубы с откосом насыпи 1:1,5 вычисляют по формуле:

$$L_T = B_n + 2 \cdot 1,5 \cdot h_{он}$$

где  $L_T$  – теоретическая длина трубы, м;

$B_n$  – ширина земляного (дорожного) полотна, м, зависит от категории дороги;

$h_{он}$  – высота откоса насыпи, м. определяют по формуле:

$$h_{он} = h_n - i_n \cdot (0,5b + c) - i_o \cdot (a - c) ,$$

где  $i_n, i_o$  – поперечный уклон проезжей части, обочин;

$c$  – ширина укрепленной полосы;

$a$  – ширина обочины;

$b$  – ширина проезжей части двух полосной дороги.

3. Определяют число звеньев трубы:

$$n = (LT - l_p) / 2,5, \quad (\text{принимают целое число звеньев})$$

где  $n$  – число звеньев трубы;

$l_p$  – длина раструба звена трубы (табл. 1).

2,5 м – длина одного звена трубы.

4. Фактическую длину трубы определяют по формуле:

$$L_{\phi} = 2,5 \cdot n + l_p$$

Таблица 1- Основные размеры звеньев труб

Диаметр звена, м	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Толщина стенки, см	8	13	14	15	16	15
Толщина раструба, см	8,2	11,6	11,6	11,6	10,6	11,6
Длина раструба, см	10	12	12	12	12	13

Число звеньев трубы назначается из условия, чтобы фактическая длина трубы была равна или больше теоретической.

Если  $L_{\phi} > L_T$ , то принимают длину трубы равной фактической  $L_{\phi}$ , отодвигая противофильтрационный экран от оси дороги на входе на величину, равную

$$\Delta l_1 = L_{\phi} - L_T,$$

Если полученное значение больше 1,0 м, то целесообразно противофильтрационный экран на входе и выходе трубы отодвинуть от оси дороги на расстояние

$$\Delta l_2 = 0,5 \cdot (L_{\phi} - L_T),$$

5. Определяют расход цемента на изготовление звеньев водопропускных труб:

$$V_{\delta} = n \cdot V_{зв}, \quad \text{м}^3$$

где  $V_{зв}$  – объем бетона (в  $\text{м}^3$ ) на изготовление одного звена (Табл.2).

Таблица 2 - Характеристика сборных элементов труб

Отверстие трубы	Марка звена	Масса звена, кг	Расход бетона В30, $\text{м}^3$
1,0	ТВ100.25-1	3130	1,27
1,2	ТВ120.25-1	3950	1,60
1,4	ТВ140.25-1	4700	1,90
1,6	ТВ160.25-1	5170	2,30

Применяют следующее обозначение марки звена водопропускных труб:

**ТВ100.25-1-П** - труба водопропускная, диаметр 100см, длина 25 дециметров (2,5м), группа по несущей способности в зависимости от высоты засыпки труб до низа дорожной одежды. Для первой группы высота засыпки не должна превышать 5м и для второй – 10м. Буква П обозначает пониженную водопроницаемость стенок трубы.

## Практическое занятие №4

### Расчет параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером

Определение параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют разность отметок оси дороги и бровки обочины.

$$\Delta Y = (0,5v + c) i_n + (a - c) i_o, \text{ м}$$

2. Определяют ширину верха земляного полотна.

$$B = B_{\Pi} + 2m (\Delta h - \Delta Y), \text{ м.}$$

где  $\Delta h$  – снижение бровки верха земляного полотна относительно проектной линии.

$m$  – заложение откоса со стороны обочины,  $m = 1:3$  при  $h_n$  менее 2,0м для III – IV к. и  $h_n$  менее 3,0м для II категории.

3. Определяют ширину выемки понизу:

$$B_I = B + 2(m + m_I) (h_k + \Delta Y - \Delta h) + 2a_k, \text{ м.}$$

где  $h_k$  – глубина кювета, м.

4. Определяют ширину выемки поверху.

$$B_{pe} = B_I + 2 m_I (h_s + \Delta h), \text{ м}$$

где  $m_I$  – заложение откоса со стороны местности,  $m_I = 1: 1,5$ .

5. Определяют протяженность участка выемки с учетом  $h$ :

$$l_{\epsilon} = \frac{h_B + \Delta h}{h_B + h_H} \cdot 100, \text{ м.}$$

6. Определяют число ярусов:

$$n_{\text{яр}} = \frac{h_B + \Delta h}{h_{\text{яр}}}, \text{ (принимают целое число ярусов);}$$

где  $h_{\text{яр}}$  - высота яруса (стенки траншеи), принимают от 0,3 до 1,0м. При высоте стенок траншей более 1м, перемычки между траншеями могут обрушиться.

7. Определяют ширину выемки на первом ярусе:

$$B_{pe1} = B_{pe} - 2 m_I h_{\text{яр1}}, \text{ м.}$$

8. Определяют число траншей по ширине выемки на первом ярусе:

$$n_{\text{тр}} = \frac{B_{pe1}}{b_0} \text{ (принимают целое число траншей);}$$

где  $b_0$  - ширина отвала бульдозера, (принимают по справочнику или по табл..1).

9. Определяют ширину перемычек (стенки траншей):

$$b_{\text{пер}} = \frac{B_{pe1} - (b_0 \cdot n_{\text{тр}})}{n_{\text{тр}} - 1}, \text{ м.}$$

10. Определяют объем грунта перед отвалом бульдозера.

$$V_o = \frac{h_{\text{отв}} \cdot B_o \cdot C}{2}$$

где  $h_{\text{отв}}$  - высота отвала, (принимают по справочнику или по табл.1)

11. Определяют длину участка набора грунта.

$$l_3 = \frac{V_o}{B_o \cdot h_{\text{сл}}}$$

где  $h_{\text{сл}}$  - толщина срезаемого слоя (принимают по справочнику или по табл. 1)

12. Определяют число захваток на участке выемки

$$n_3 = \frac{l_3}{l_3} \text{ , (принимают целое число захваток).}$$

13. Аналогично ведут расчет для всех ярусов.

Таблица 1- Основные параметры отвала бульдозера

Мощность двигателя	Толщина срезаемого слоя, м	Высота отвала, м	Ширина отвала, м
80	0,10	0,80	2,56
108	0,12	0,90	2,60
130	0,15	0,95	2,86
165	0,18	1,0	3,24
180	0,20	1,23	3,64
330	0,25	1,85	4,25

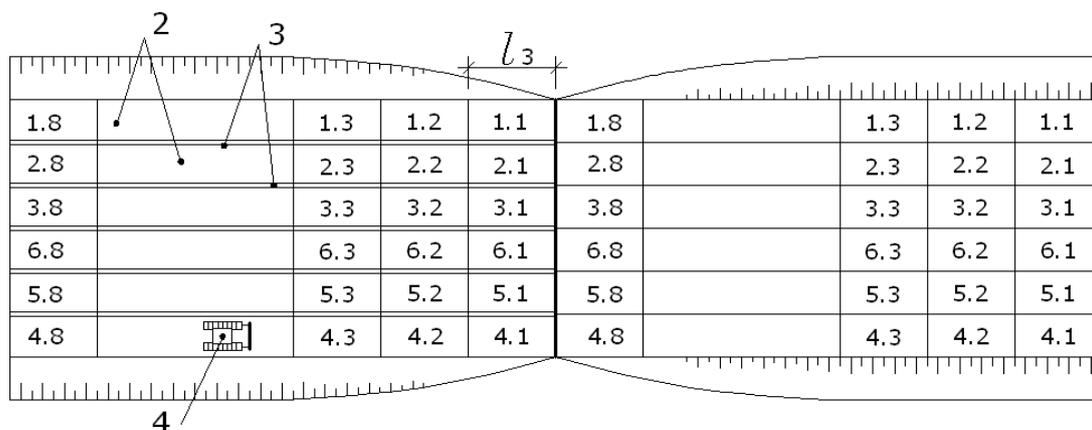
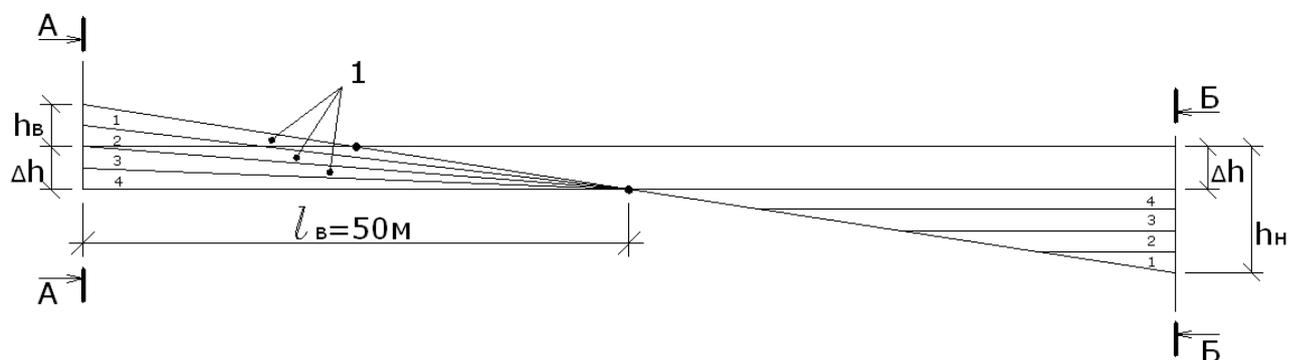


Рис. 1. Ярусно-траншейная схема разработки выемки бульдозером:

1 – ярусы, 2 – траншеи,

3 – перемычки (стенки траншеи), 4 – бульдозер

Схема разработки выемки и отсыпки насыпи бульдозером представлена на (Рис. 2).

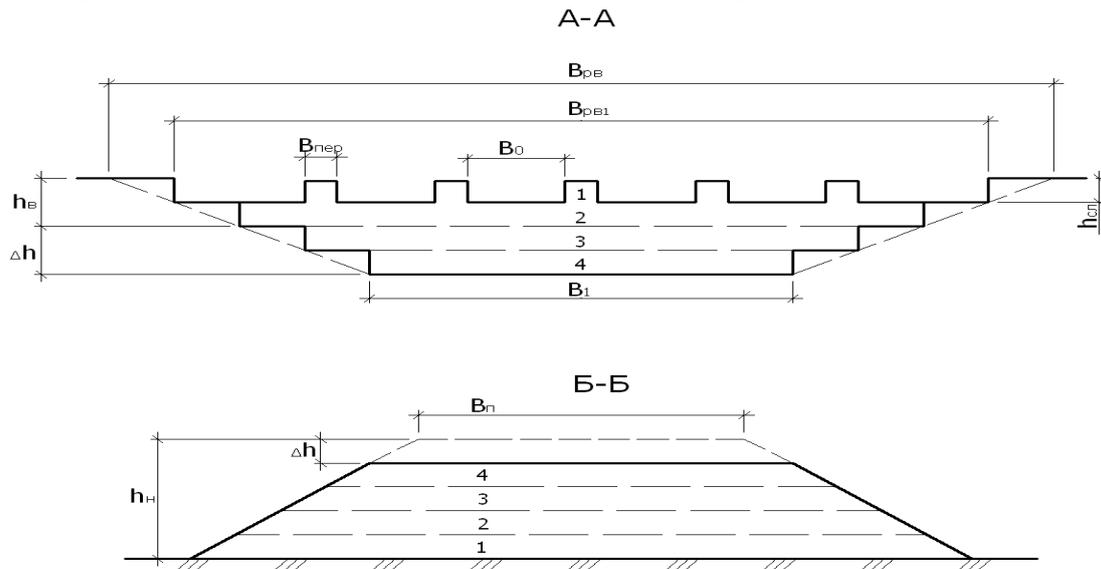


Рис. 2. Схема разработки выемки и отсыпки насыпи бульдозером

Срезка полок на откосах выемки бульдозером приведена (Рис. 3).

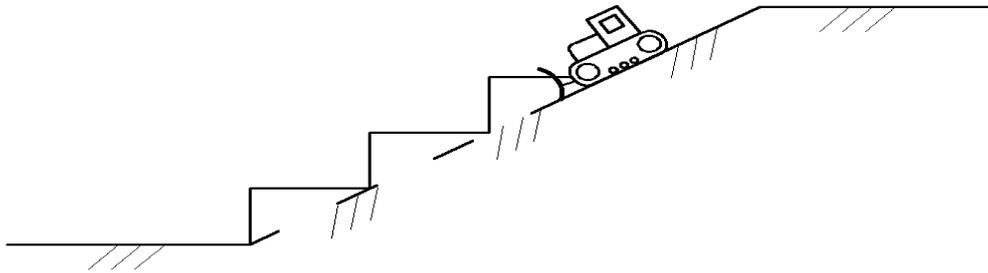


Рис. 3. Срезка полок на откосах выемки бульдозером

### Практическое занятие №5

#### *Расчет параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером.*

Определение параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером выполняют в следующей последовательности: (рис. 1)

1. Определяют число ярусов

$$n_{яp} = \frac{h_{в} + \Delta h}{h_{сл}}, \quad (\text{принимают целое число ярусов})$$

где  $h_{в}$  – глубина выемки, м;

$h_{сл}$  – толщина срезаемого слоя, м (принимают по справочнику или по табл. 1).

2. Определяют ширину раскрытия выемки на первом ярусе.

$$B_{pв1} = B_1 + 2m_1 (h_в + \Delta h - h_{сл}), \text{ м.}$$

где  $B_1$  - ширина выемки понизу.

$$B_1 = B + 2(m + m_1) (h_k + \Delta Y - \Delta h) + 2ak, \text{ м.}$$

где  $h_k$  - глубина кювета, м.

$B$  - ширина верха земляного полотна, м.

$$B = B_{п} + 2m (\Delta h - \Delta Y), \text{ м}$$

$h$  - снижение бровки верха земляного полотна.

$m$  - заложение откоса со стороны обочины,  $m = 1:3$  при  $h_n$  менее 2,0 м для III - IV к. и  $h_n$  менее 3,0 м для II категории.

3. Определяют число рядов прохода скрепера.

$$n_p = \frac{B_{pв1}}{B_{скр}}, \text{ (принимают целое число рядов)}$$

где  $B_{скр}$  - ширина ковша скрепера, м. (принимают по справочнику или по табл. 1)

4. Определяют длину пути набора грунта скрепером

$$l_{зах} = \frac{V_{скр}}{B_{скр} \cdot h_{сл}}, \text{ м}$$

где  $V_{скр}$  - объем ковша скрепера, м<sup>3</sup>.

5. Определяют число захваток в каждом ряду.

$$n_3 = \frac{L_{скр.}}{l_{зах}}.$$

Аналогично ведут расчет для второго яруса.

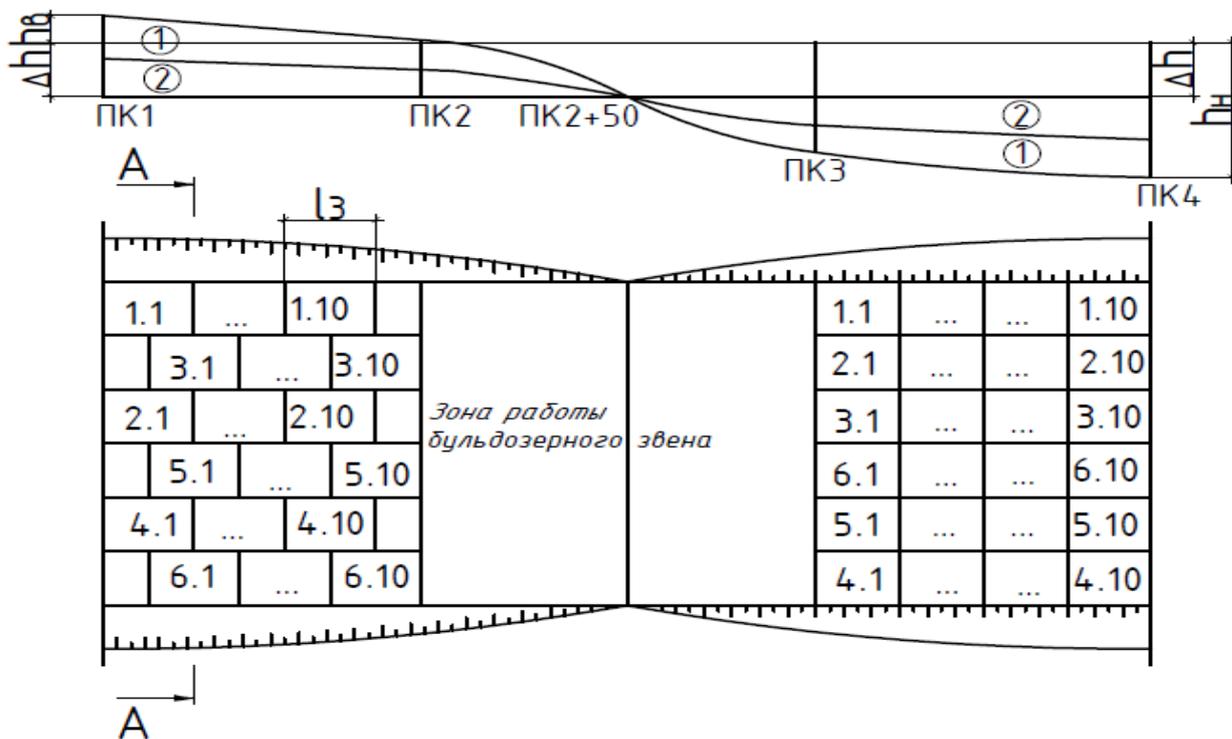


Рис. 1. Технологическая схема работы скреперного звена

Схема разработки выемки скрепером приведена на (Рис. 2).

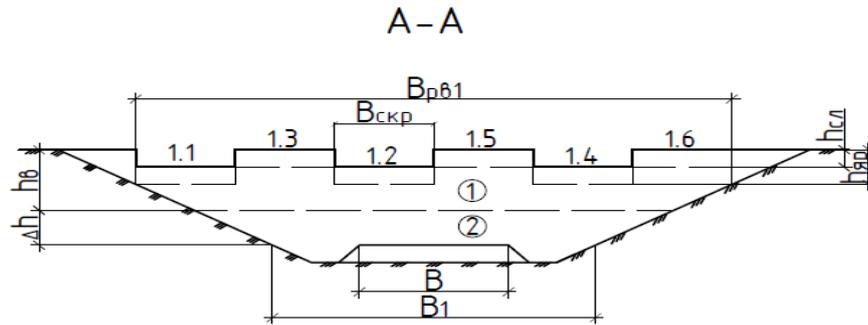


Рис. 2. Схема разработки выемки скрепером

Срезка полок на откосах выемки бульдозером представлена на (Рис. 3).

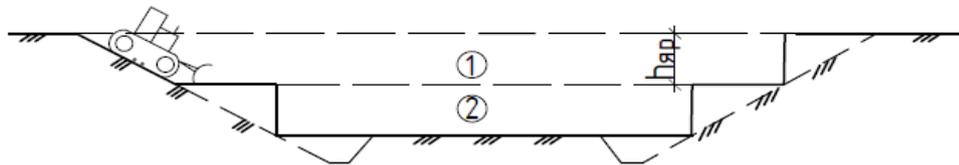


Рис. 3. Срезка полок на откосах выемки бульдозером

### Практическое занятие №7

#### Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена

1. Определяют среднюю высоту насыпи на смежных пикетах

$$h_n = 0,5(h_{n1} + h_{n2}) - \Delta h, \text{ м}$$

где  $h_n, h_{n2}$  – высота насыпи на пикетах, м;

$\Delta h$  – снижение бровки земляного полотна, м.

2. Определяют необходимое число слоев отсыпки земляного полотна.

$$n_{\text{сл}} = \frac{h_n}{h_{\text{сл}}}, \text{ (принимают целое число слоев)}$$

где  $h_{\text{сл}}$  – толщина отсыпаемого слоя (по заданию).

3. Определяют ширину верха земляного полотна (рис. 1).

$$B = B_n + 2 \cdot m(\Delta h - \Delta Y), \text{ м}$$

где  $B_n$  – ширина земляного полотна;

$m$  – заложение откоса со стороны обочины, при  $h_n < 2$  м 1:3

4. Определяют ширину подошвы насыпи

$$B_{\text{пн}} = B + 2mh_n, \text{ м}$$

если  $h_n > 2$  м – для автомобильных дорог III, IV категорий, заложение откоса принимают  $m = 1:1,5$ , при  $h_n > 3$  м – для дорог II категории,  $m = 1:1,5$ .

5. Определяют ширину земляного полотна после отсыпки 1 слоя

$$B_{н1} = B_{пн} - 2 m h_{сл}, \text{ м}$$

6. Определяют объем грунта, доставляемого за 1 рейс.

$$V = \frac{G}{\rho_n}, \text{ м}^3$$

где  $G$  - грузоподъемность автосамосвала, в т;  
 $\rho_n$  - насыпная плотность грунта,  $\rho_n = 1,6 \text{ т/м}^3$ .

7. Определяют площадь распределения грунта, привезенного за 1 рейс.

$$S = \frac{V}{h_{сл}}, \text{ м}^2$$

8. Назначают число рядов куч привезенного грунта ( $n_p$ ).

В зависимости от ширины земляного полотна (принимают от 3 до 6 рядов).

Определяют ширину полосы распределения грунта (расстояние между рядами куч привезенного грунта)

$$B_{пол} = \frac{B_{нi}}{n_p}, \text{ м}$$

9. Определяют расстояние между кучами грунта

$$e = \frac{S}{B_{пол}}, \text{ м}$$

10. Определяют число проходов катка по ширине земляного полотна

$$n_k = \frac{B_{нi}}{B_k - a}, \text{ (принимают целое четное число проходов катка)}$$

где  $B_k$  – ширина катка, м; (табл. 1)

$a$  - расстояние перекрытия следа катка (0,4- 0,6 м).

Для остальных слоев расчет ведут аналогично.

Таблица 1- Основные параметры катков

Тип катка	Ширина катка, м
Каток прицепной пневматический массой 25 т.	2,60
Каток самоходный вибрационный пневматический массой 2т.	2,20

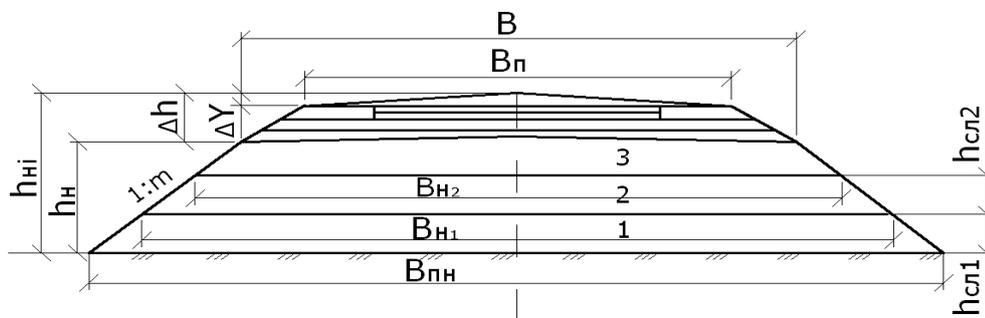


Рис. 1. Схема расчета ширины верха земляного полотна при отсыпке отдельных слоев насыпи.

Технологическая схема работы экскаваторного звена при уплотнении грунта самоходными катками представлена (Рис. 1).



Рис. 1. Технологическая схема работы экскаваторного звена при уплотнении грунта катками по кольцевой схеме: 1 – автосамосвал, 2 – бульдозер, 3 – каток, 4 – поливомоечная машина

## Практическое занятие №8

### Расчет объемов работ и ресурсов по устройству дорожной одежды.

Объемы работ по устройству дорожной одежды устанавливают на основе заданной конструкции (рис. 1), технической категории автомобильной дороги и протяженности участка.

Расчет ресурсов по устройству дорожной одежды ведут отдельно для каждого слоя в следующей последовательности:

1. Определяют ширину верха земляного полотна

$$B = B_n + 2m \cdot (\Delta h - \Delta Y)$$

где  $B_n$  – ширина земляного полотна, м;

$h$  – снижение бровки верха земляного полотна относительно оси проезжей части.

$Y$  – разность отметок оси проезжей части и бровки обочины, м:

$$\Delta Y = (0,5v + c) \cdot i_{п} + (a - c) \cdot i_0$$

2. Определяют среднюю линию дренирующего слоя

$$B_{дс} = B - m \cdot h_{дс} ,$$

где  $h_{дс}$  – толщина дренирующего слоя, м.

3. Определяют объем дренирующего слоя (в плотном теле)

$$V_{дс} = B_{дс} \cdot h_{дс} \cdot L ,$$

где  $L$  – длина участка, м.

4. Определяют среднюю линию слоя основания

$$B_0 = e + 2c + 2 \cdot 0,25 + m_2 \cdot h_3$$

где  $m_2$  – заложение откоса слоя основания;

$h_0$  – толщина слоя основания, м.

5. Определяют площадь или объем слоя основания

$$S_0 = B_0 \cdot L, \text{ м}^2$$

$$V_0 = B_0 \cdot L \cdot h_0, \text{ м}^3$$

6. Определяют площадь верхнего и нижнего слоя покрытия

$$S_{\text{п}} = (e + 2c) L, \text{ м}^2$$

7. Определяют площадь или объем слоя основания

$$S_0 = B_0 \cdot L, \text{ м}^2$$

$$V_0 = B_0 \cdot L \cdot h_0, \text{ м}^3$$

8. Определяют площадь верхнего и нижнего слоя покрытия

$$S_{\text{п}} = (e + 2c) L, \text{ м}^2$$

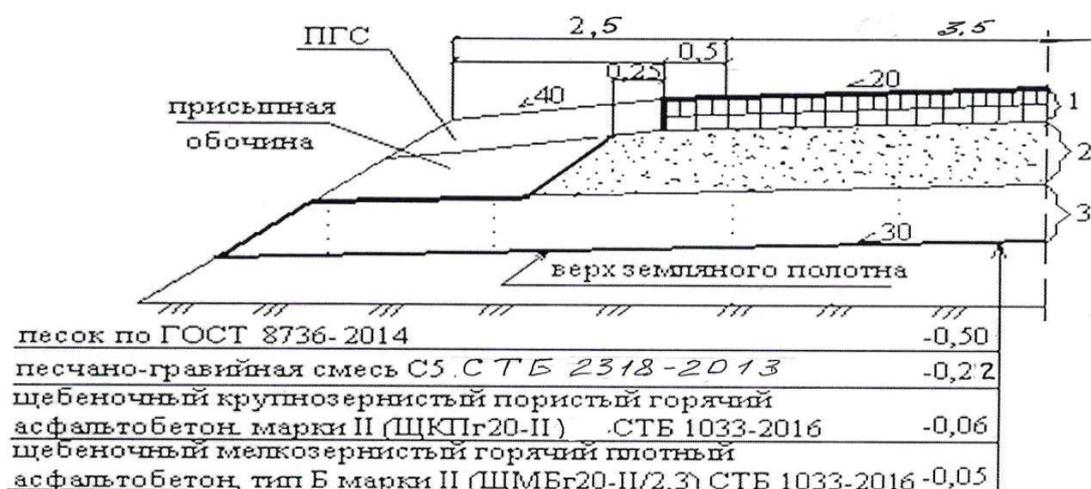


Рисунок 1 - Поперечный профиль дорожной одежды с дренирующим слоем;  
1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой;

## Практическое занятие №9

### Построение календарного графика производства дорожно-строительных работ

Линейный календарный график производства работ показывает последовательность и сроки выполнения работ звеньями на отдельных участках.

При построении графика необходимо учитывать последовательность выполнения отдельных видов работ. Разработку линейного календарного графика необходимо выполнять одновременно с комплектованием звеньев. Для этого исходя из продолжительности строительного сезона или директивного срока строительства назначают максимальное количество смен работы ( $T_{\text{max}}$ ). До начала производства основных видов работ должны быть выполнены подготовительные работы. Устройство

водопротускных железобетонных труб должно быть выполнено до сооружения земляного полотна.

В нижней части линейного календарного графика с левой стороны указывают виды работ каждого звена (бульдозерного, скреперного, экскаваторного и других звеньев, работающих на устройстве дорожной одежды). С правой стороны указывают положение начала и конца участка работы каждого звена и объемы работ, которые берут из графика распределения земляных масс. Зная объемы работ и среднюю производительность механизмов, определяют необходимое число смен работы звеньев на каждом участке. Сумма смен по отдельным участкам должна быть равна общей продолжительности работ соответствующего звена.

При построении календарного графика по вертикальной оси откладывают число смен работы звеньев, а по горизонтальной - длину участков, на которых производят различные виды работ.

Вначале строят график выполнения подготовительных работ, затем - устройства водопротускных труб. Далее строят графики работы выполнения работ бульдозерным, скреперным и экскаваторным звеньями. После сооружения земляного полотна приступают к устройству дорожной одежды и строят графики выполнения работ по устройству каждого слоя дорожной одежды. Линии графиков не должны пересекаться.

Устройство присыпных обочин выполняют после устройства дорожной одежды. Общее число смен работы на графике не должно превышать заданного срока строительства.

На графиках работы отдельных звеньев указывают состав звена (количество ведущих и вспомогательных механизмов).

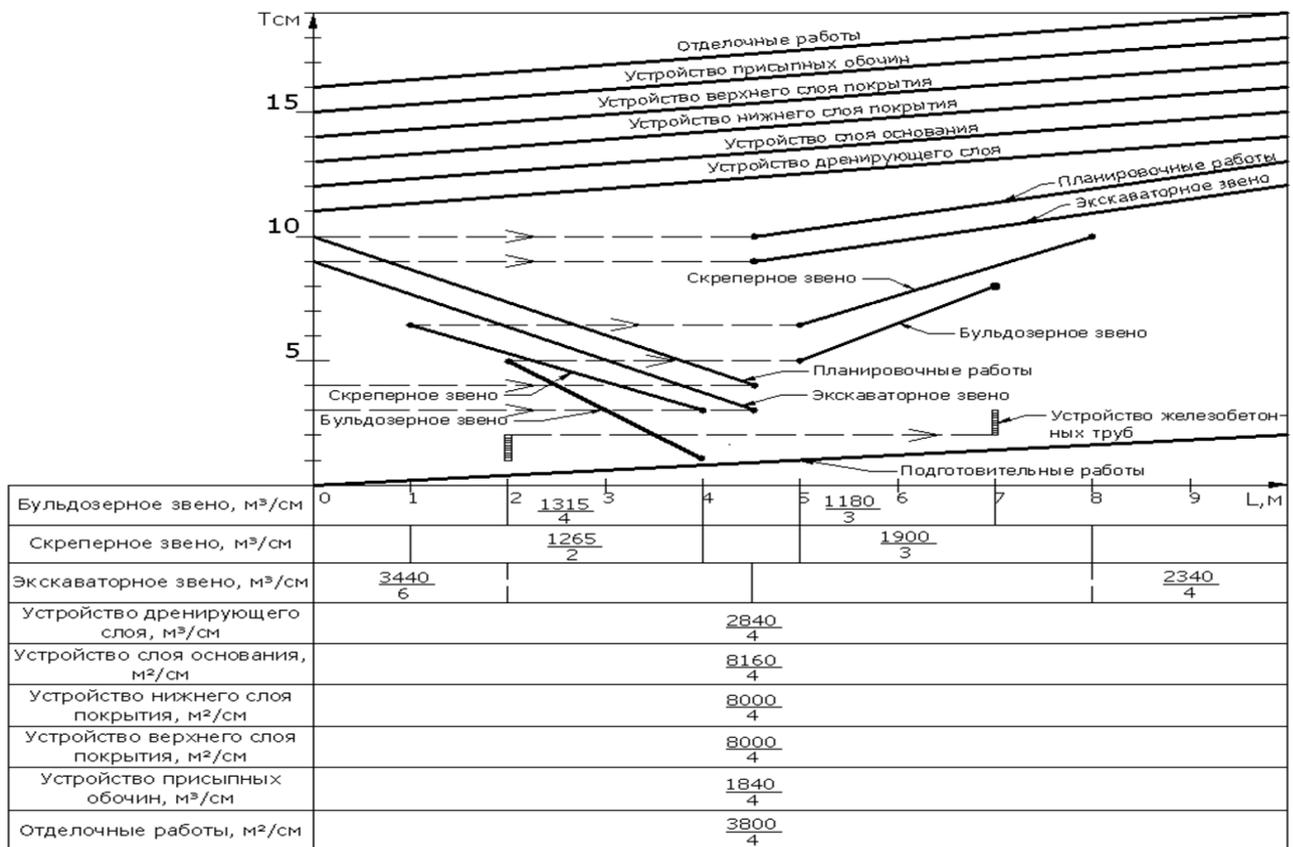


Рис 1. Линейный график производства дорожно-строительных работ

## ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы в 4 семестре.

Курсовая работа включает пояснительную записку с чертежами и схемами. Примерный объем пояснительной записки 35 - 40 листов

В состав курсовой работы, выполняемой в 4 семестре, входят: обоснование технической категории автомобильной дороги, проектирование закругления с переходными кривыми, проектирование плана трассы автомобильной дороги, продольного и поперечных профилей, расчета вертикальных кривых, кюветов, определение объемов подготовительных работ, расчет и комплектование бульдозерного, скреперного и экскаваторного звеньев, определение объемов работ по устройству слоев дорожной одежды, построения графика производства дорожно-строительных работ, разработка мероприятий по защите дорог от снежных заносов.

Согласно учебному плану на выполнение курсовой проектов отведено 40 часов.

Основная цель курсового проекта заключается в умении применять полученные теоретические знания при решении конкретных практических инженерных задач.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсовой работы «Проектирование, строительство и содержание участка автомобильной дороги» приведены рекомендации по выполнению всех разделов работы и даны необходимые справочные данные.

### Примерное содержание курсовой работы, выполняемой в 4 семестре

#### Структура пояснительной записки курсовой работы

#### «Проектирование, строительство и содержание участка автомобильной дороги»

Титульный лист

Задание

Исходные данные.

Содержание.

Введение

#### 1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА.

Дать краткую природно-климатическую характеристику района. Привести данные о средней температуре воздуха, количестве осадков, грунтовых условий.

#### 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОРОГИ.

Установить техническую категорию.

Определить рекомендуемый радиус кривой в плане.

Таблица 2.1. Технические параметры проектируемой дороги.

#### 3. ПЛАН ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.

##### 3.1. Проектирование вариантов плана трассы.

Запроектировать один вариант трассы.

На карте участка местности, увеличенной до масштаба 1:5000 обозначить: трассу дороги, пикеты, вершины углов, величину биссектрисы, прямые  $P_1$ ,  $P_2$ , величину углов поворота, подписать все горизонталы около трассы.

##### 3.2. Подбор радиусов круговых кривых и длин переходных кривых.

Дать расчет параметров круговой кривой.

### 3.3. Расчет пикетного положения вершин углов поворота.

Дать расчет пикетного положения вершин углов поворота, основных точек закруглений.

## 4. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ.

### 4.1. Определение отметок поверхности земли по оси трассы.

Показать схему определения отметок черного профиля, дать пример расчета высотных отметок методом интерполирования и экстраполирования.

Расчет остальных высотных отметок дать в табличной форме.

### 4.2. Назначение контрольных точек и руководящих рабочих отметок.

Дать расчет руководящей рабочей отметки по обеспечению снегонезаносимости, рассчитать контрольную отметку у водопропускных труб.

### 4.3. Составление варианта проектной линии.

На продольном профиле запроектировать вариант проектной линии.

### 4.4. Определение продольных уклонов.

Дать схему расчета продольных уклонов, заменяя проектную линию ломаной. Определяют продольные уклоны всех прямых ломаной линии.

*Рисунок 4.2* Схема определения продольных уклонов.

### 4.5. Расчет параметров вертикальных кривых.

Дать схему расчета всех вертикальных кривых. Определить все параметры и пикетное положение основных точек вертикальных кривых.

*Рисунок 4.3* Схема расчета вертикальных кривых (ПК).

Дать расчет всех отметок проектной линии на прямых и вертикальных кривых.

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ.

Определить глубину кюветов, пикетное положение начала и конца кювета, дать схему расчета всех кюветов.

*Рисунок 5.* Схема расчета кювета на ПК.

## 6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.

### 6.1 Определение объемов подготовительных работ.

Рассчитать объем работ по снятию плодородного слоя.

## 7 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.

Рис. 7.1- Схема распределения земляных масс

### 7.1 Расчет ресурсов и комплектование бульдозерного звена.

Рассчитать необходимое количество ведущих, вспомогательных механизмов, рабочих и сформировать состав бульдозерного звена на разработке выемки при возведении земляного полотна.

### 7.2 Определение параметров ярусно-траншейного способа производства работ.

Рассчитать необходимое число ярусов, ширину траншей, длину и количество захваток при разработке выемки бульдозером.

Рисунок 7.1 - Ярусно-траншейная схема разработки выемки бульдозером

### 7.3 Расчет ресурсов и комплектование экскаваторного звена.

Рассчитать необходимое количество ведущих машин, вспомогательных механизмов, рабочих и сформировать состав экскаваторного звена при возведении земляного полотна.

### 7.4 Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена.

Рассчитать необходимое количество рядов куч грунта, расстояние между рядами, число проходов катка по ширине при уплотнении земляного полотна.

Рисунок 7.2 – Технологическая схема работы экскаваторного звена.

## 8. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.

### 8.1 Определение объемов работ и ресурсов по устройству дорожной одежды.

Рисунок 1.1 - Конструкция дорожной одежды.

### 8.2 Расчет ресурсов и комплектование звена по устройству дренающего слоя.

8.3 Расчет ресурсов и комплектование звена по устройству слоя основания.

8.4 Расчет ресурсов и комплектование звена по устройству покрытия.

## 9. РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Рисунок 9.1 - Линейный график производства дорожно-строительных работ.

## 10. ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ УЧАСТКА ДОРОГИ

10.1 Способы обеспечения незаносимости земляного полотна снегом.

10.2 Определение объемов снегоприноса.

10.3 Определение границ снеготранспортируемых участков

Рисунок 10.1 - Схема определения снеготранспортируемых участков дороги во время метелей

10.4 Разработка мероприятий по защите дорог от снежных заносов.

Рисунок 10.2 - Линейный график размещения снегозадерживающих устройств

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ЛИТЕРАТУРА

В заключении привести все параметры автомобильной дороги, полученные в ходе выполнения курсовой работы.

Указать категорию дороги, протяженность участка, количество углов поворота и элементы круговых кривых, указать величину продольных уклонов, параметры всех вертикальных кривых,

Список литературы

Дать все источники, которые были использованы при выполнении курсового проекта с указанием авторов, места и года издания, количество страниц.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсовой работы приведены рекомендации по выполнению всех разделов проекта и даны необходимые справочные данные.

## **РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

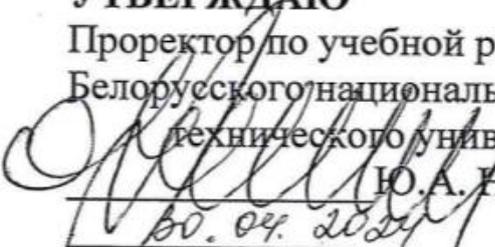
### **Перечень вопросов выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Автомобильные дороги»**

1. Основные элементы автомобильных дорог.
2. Классификация автомобильных дорог.
3. Основные технические нормы проектирования автомобильных дорог.
4. Определение технической категории автомобильной дороги.
5. Обоснование радиусов горизонтальных кривых.
6. Проектирование закругления по круговой кривой.
7. Проектирование закругления с переходными кривыми.
8. Проектирование вариантов трассы автомобильной дороги.
9. Определение радиусов закруглений трассы и проверка достаточности длин прямых.
10. Определение дирекционного угла, азимута, румба трассы.
11. Правила оформления чертежа «План дороги».
12. Определение отметок поверхности земли по оси трассы.
13. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек.
14. Нанесение исходной информации на продольный профиль.
15. Основные элементы продольного профиля.
16. Правила заполнения таблиц исходной информации и проектных решений продольного профиля.
17. Основные правила нанесения проектной линии.
18. Определение величины продольных уклонов.
19. Проектирование вертикальных кривых.

20. Определение положения вершины переходных кривых.
21. Способы определения промежуточных точек на вертикальных кривых.
22. Основные правила проектирования кюветов.
23. Проектирование кюветов в выемках.
24. Проектирование кюветов на участках низкой насыпи.
25. Проектирование кюветов на участках с продольным уклоном менее 5‰.
26. Проектирование кюветов на вертикальных кривых.
27. Проектирование укрепления дна кювета.
28. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги.
29. Типовые поперечные профили насыпи.
30. Типовые поперечные профили выемок.
31. Классификация дорожных одежд.
32. Основные слои дорожных одежд и их назначение.
33. Расчет нежестких дорожных одежд по упругому прогибу.
34. Определение характеристик малого водотока.
35. Основные элементы водопропускных труб.
36. Определение диаметра и длины водопропускной трубы
37. Состав проекта организации строительства.
38. Состав проекта производства дорог.
39. Состав подготовительных работ.
40. Определение объемов подготовительных работ.
41. Расчет ресурсов для выполнения подготовительных работ.
42. Организация работ по устройству водопропускных труб.
43. Засыпка водопропускных труб.
44. Устройство металлических гофрированных водопропускных труб
45. Определение объемов работ по устройству водопропускных труб.
46. Организация работ по возведению земляного полотна.
47. Разработка выемки бульдозером ярусно-траншейным способом.
48. Расчет ресурсов и комплектование бульдозерного звена.
49. Расчет ресурсов и комплектование скреперного звена.
50. Разработка выемки скрепером по шахматно-гребенчатой схеме производства работ.
51. Схемы возведение насыпей, разработки выемок скреперами.
52. Возведение насыпей экскаваторным звеном.
53. Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена.
54. Применение погрузчиков для разработки выемок.
55. Технология выполнения планировочных работ.
56. Технология строительства дренирующих слоев дорожной одежды.
57. Технология устройства слоев оснований дорожной одежды
58. Технология устройства асфальтобетонного покрытия.
59. Правила построения линейного календарного графика производства работ.
60. Способы обеспечения незаносимости земляного полотна снегом.
61. Определение объемов снегоприноса.
62. Определение границ снегозаносимых участков.
63. Способы защиты автомобильных дорог от снежных заносов.
64. Правила построения графика размещения снегозадерживающих устройств.
65. Временные устройства защиты автомобильных дорог от снежных заносов.

## **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

**Белорусский национальный технический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
Белорусского национального  
технического университета  
  
Ю. А. Николайчик  
30.04.2024  
Регистрационный № УД - ФТК 44-4 /уч

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций».  
Профилизация «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»**

Минск 2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО-7-07-0732-03-2023 и учебного плана специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Л.Р. Мытько, профессор кафедры «Автомобильные дороги» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**В.А. Гречухин**, заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент;

**В.Е. Гледко**, генеральный директор РУП «Минскавтодор – Центр»

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Автомобильные дороги» Белорусского национального технического университета ¶  
(протокол № 8 от 25.03.2024г.) ¶

И.о. заведующего кафедрой ¶

 Е. П. Ходан

¶

Методической комиссией факультета транспортных коммуникаций Белорусского национального технического университета ¶  
(протокол № 4 от 08.04.2024г.) ¶

¶  
Председатель методической комиссии ¶



В.А. Гречухин

Научной библиотекой БНТУ ¶



Т.И. Бирюкова ¶

Научно-методическим советом

Белорусского национального технического университета  
(протокол №4 \_ секции № 1 от 30.04. 2024г.)

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Учебная программа по учебной дисциплине «Автомобильные дороги» разработана для специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных

коммуникаций» профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены».

Целью изучения учебной дисциплины является:

- формирование и развитие профессиональной компетентности, позволяющей на основании профессиональных знаний и умений решать задачи в сфере строительства транспортных коммуникаций;
- формирование профессиональной компетентности для работы в проектных, строительных и эксплуатационных организациях дорожно-мостового профиля, а также в сфере дорожно-строительной индустрии.

Основными задачами дисциплины является формирование у студентов представления об автомобильной дороге как объекте проектирования и строительства, об элементах дороги и дорожных сооружениях, о требованиях обеспечения удобного, экономического и безопасного движения автомобильного транспорта, об основах процесса строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как: «Математика», «Информатика», «Инженерная геодезия», «Инженерная геология и механика грунтов», «Строительные материалы».

С целью активизации познавательной деятельности студентов следует широко использовать методы, способствующие более качественному и полному пониманию и усвоению учебного материала. Теоретические лекционные занятия необходимо чередовать с практическими занятиями, а также с управляемой самостоятельной работой студентов при выполнении ими курсовой работы.

При проведении занятий рекомендуется использовать информационные технологии, наглядные пособия, макеты и различные педагогические приемы. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, международную систему измерений СИ.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

**знать:**

- общие сведения о видах транспорта и транспортных коммуникаций;
- объекты инфраструктуры, включая системы обслуживания транспортных коммуникаций, их проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт и содержание;
- методы трассирования, проектирования плана и продольного профиля автомобильных дорог;
- принципы и методы обоснования геометрических элементов дорог;
- принципы назначения параметров и решения вопросов поверхностного водоотвода;
- основы технических изысканий транспортных коммуникаций;

**уметь:**

- обосновать оптимальное размещение транспортных сооружений и объектов транспортной инфраструктуры с учетом требований технической и экологической безопасности;

- пользоваться методами проектирования дорог и их элементов (земляного полотна, дорожных одежд);
- обосновать выбор технологии, организации, механизации и автоматизации работ по строительству, реконструкции и эксплуатации дорог.
- обосновать размеры водопропускных сооружений;
- осуществлять выбор и параметры расчетных нагрузок;
- разрабатывать технологические карты на производство работ;
- рассчитывать потребные ресурсы.
- **иметь навык:**
- решения технических задач;
- разработки проектов организации строительства автомобильных дорог.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации.

СК-8. Применять современные методы для проектирования и строительства автомобильных дорог.

Согласно учебному плану для очной формы получения высшего образования по специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизации «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» на изучение учебной дисциплины отведено всего 220 ч., из них аудиторных – 68 ч. На выполнение курсовой работы отведено 40 часов самостоятельной работы.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено в таблице 1.

Таблица 1.

Очная (дневная) форма получения высшего образования						
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации	Форма промежуточной аттестации
2	3	18		16	опрос	зачет
2	4	16		18	опрос	защита курсовой работы. Экзамен

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### **Тема 1.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.**

Дорожная сеть республики Беларусь. Автомобильные дороги общего пользования и необщего пользования (ведомственные). Республиканские автомобильные дороги. Республиканские скоростные автомобильные дороги. Местные автомобильные дороги. Перечень трансъевропейских коридоров. Протяженность их по Республике Беларусь. Схема трансъевропейских коридоров.

### **Тема 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Нормативные документы по классификации автомобильных дорог. Классы автомобильных дорог. Категории автомобильных дорог. Функциональное назначение автомобильных дорог. Область применения. Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения. Основные элементы автомобильной дороги с двумя полосами движения на косогоре. Основные элементы дороги с многополосной проезжей частью.

### **Тема 1.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАКРУГЛЕНИЯ ПО КРУГОВОЙ КРИВОЙ.**

Расчетная скорость движения. Силы сопротивления движению автомобиля. Обоснование максимального продольного уклона автомобильной дороги. Требования к видимости на автомобильных дорогах. Силы, действующие на автомобиль, движущийся с постоянной скоростью по криволинейному участку дороги. Коэффициент поперечной силы. Рекомендуемый радиус кривизны закругления. Основные элементы виража. Обеспечение видимости проезжей части в ночное время. Основные параметры закругления по круговой кривой. Пикетное положение основных точек закругления. Разбивка круговой кривой по методу прямоугольных координат. Переходные кривые. Основные параметры переходных кривых. Критерии назначения переходных кривых. Расчет параметров переходных кривых. Пикетное положение основных точек закругления с переходными кривыми

### **Тема 1.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.**

Трасса автомобильной дороги. Воздушная линия. Контурные препятствия. Высотные препятствия. Проектирование вариантов плана трассы. Расчет радиусов закруглений и длин переходных кривых. Разбивка пикетажа и составление ведомости углов поворота, прямых и кривых. Дирекционный угол. Магнитный азимут. Нанесение плана трассы с указанием пересечения с автомобильными и железными дорогами, ручьями, реками. Нанесение ситуации с указанием местоположения участков леса, кустарника, пашни, луга. Схема закрепления основных точек трассы (начало хода, вершин углов поворота, конца хода).

### **Тема 1.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО**

## **ПРОФИЛЕЙ.**

Основные правила нанесения проектной линии. Нанесение исходной информации. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек. Методы проложения проектной линии. Основные элементы продольного профиля автомобильной дороги. Правила заполнения верхней части чертежа продольного профиля. Правила заполнения таблицы исходной информации и проектных решений. Нанесение варианта проектной линии. Общие требования, предъявляемые к земляному полотну. Типовые поперечные профили земляного полотна. Типовые поперечные профили насыпей. Типовые поперечные профили выемок. Индивидуальное проектирование земляного полотна. Определение границ типов поперечных профилей.

### **Тема 1.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ**

Выпуклые и вогнутые вертикальные кривые. Основные элементы вертикальных кривых. Расчет вертикальных кривых. Определение положения вершины вертикальных кривых. Определения отметок промежуточных точек на вертикальной кривой.

### **Тема 1.7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ.**

Глубина кювета. Проектирование кювета в выемке. Проектирование кювета на участке низкой насыпи. Проектирование кюветов на участках с уклоном менее 5%. Проектирование кюветов на участках выпуклых кривых.

### **Тема 1.8 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.**

Классификация дорожных одежд. Назначение и виды конструктивных слоев дорожных одежд. Влияние погодных-климатических факторов на работу дорожных одежд. Влияние параметров транспортной нагрузки на работу дорожных одежд. Понятие о расчетном автомобиле. Общие положения конструирования дорожных одежд. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба.

### **Тема 1.9 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ.**

Определение характеристик малого водотока. Определение расчетного расхода ливневых вод. Определение диаметра железобетонной водопропускной трубы. Определение длины трубы.

## **РАЗДЕЛ II. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ**

### **Тема 2.1 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Организация строительства автомобильных дорог. Поточный способ производства дорожно-строительных работ. Характеристика грунтов по трассе. Определение объемов насыпей. Определение объемов выемок. Определение объемов присыпных обочин. Определение объемов планировочных работ.

### **Тема 2.2 ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.**

Технология производства подготовительных работ. Расчет объемов подготовительных работ.

### **Тема 2.3 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ.**

Устройство водопропускных труб. Устройство металлических гофрированных водопропускных труб. Засыпка водопропускных труб. Выбор типа фундамента. Технология устройства водопропускных труб. Определение объемов работ по устройству железобетонных труб.

### **Тема 2.4 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА БУЛЬДОЗЕРОМ.**

Способы устройства насыпи земляного полотна. Разработка грунта бульдозером. Разработка выемки бульдозерным звеном. Определение параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером.

### **Тема 2.5 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА СКРЕПЕРОМ.**

Возведение насыпей и разработка выемок скреперами. Возведение насыпей скреперами из грунта боковых резервов. Комплектование скреперного звена. Определение параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером. Применение погрузчиков для разработки выемок и грунтовых карьеров.

### **Тема 2.6 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЭКСКАВАТОРОМ.**

Разработка выемок и грунтовых карьеров экскаваторами. Производство работ экскаватор с оборудованием «прямая лопата». Производство работ при применении экскаваторов-драглайнов. Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена. Технологические схемы выполнения планировочных работ.

### **Тема 2.7 ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.**

Определение объемов работ по устройству дорожной одежды. Устройство дренирующих слоев дорожной одежды. Технология устройства слоя основания. Технология устройства асфальтобетонного покрытия. Линейный календарный

график производства работ. Последовательность выполнения отдельных видов работ. Директивный срок строительства объекта. Необходимое число смен работы звеньев на каждом участке. Правила построения линейного календарного графика производства работ.

### **Тема 2.8 ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.**

Способы обеспечения незаносимости земляного полотна снегом. Определение объемов снегоприноса. Определение границ снегозаносимых участков. Разработка мероприятий по защите дорог от снежных заносов.

#### **Требования к выполнению курсовой работе**

В соответствии с учебным планом на выполнение курсовой работы отведено 40 часов самостоятельной работы.

При выполнении курсовой работы необходимо выполнить следующие разделы: обоснование технической категории автомобильной дороги, проектирование закругления с переходными кривыми, проектирование плана трассы автомобильной дороги, продольного и поперечных профилей, расчет вертикальных кривых, кюветов, типов поперечных профилей, диаметра отверстия водопропускной трубы, проверка прочности нежесткой дорожной одежды, расчет объемов подготовительных работ, график распределения земляных масс, определение объемов работ по устройству железобетонных труб, параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером, расчет параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером, расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена, объемов работ по устройству дорожной одежды, календарный график производства дорожно-строительных работ.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>1</b>	<b>ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ</b>							
1.1.	ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.	2					[1], [2]	
1.2.	КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №1. Обоснование технической категории автомобильной дороги		2				[3], [7]	опрос
1.3.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАКРУГЛЕНИЯ ПО КРУГОВОЙ КРИВОЙ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №2. Проектирование закруглений с переходными кривыми.		2				[3], [7]	опрос
1.4.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №3. Расчет параметров плана трассы автомобильной дороги		2				[3], [7]	опрос
1.5.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЕЙ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №4. Построение продольного профиля и определение типов поперечников		2				[3], [7]	опрос
1.6.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №5. Расчет параметров вертикальных кривых		2				[3], [7]	опрос
1.7.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЮВЕТОВ.	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №6. Расчет кюветов на участках низких насыпей и выемок		2				[3], [7]	опрос
1.8.	РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №7. Проверка прочности нежесткой дорожной одежды		2				[3], [7]	опрос
1.9.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ	2					[1], [2]	
	Практическое занятие №8. Расчет диаметра отверстия водопропускной трубы		2				[3], [7]	опрос
.	Итого за семестр	18	16					зачет

<b>2</b>	<b>ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ.</b>							
2.1.	ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №1. Определение объемов земляных работ		2				[6], [7]	опрос
	Практическое занятие №2. Построение графика распределения земляных масс		2				[6], [7]	опрос
2.2.	ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №3. Определение объемов подготовительных работ		2				[6], [7]	опрос
2.3.	ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ.	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №4. Определение объемов работ по устройству водопропускных труб		2				[6], [7]	опрос
2.4.	ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА БУЛЬДОЗЕРОМ.	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №5. Расчет параметров ярусно-траншейного способа производства работ бульдозером		2				[6], [7]	опрос
2.5.	ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.СКРЕПЕРОМ	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №6. Расчет параметров шахматно-гребенчатой схемы производства работ скрепером,		2				[6], [7]	опрос
2.6	ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.ЭКСКАВАТОРОМ	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №7. Расчет параметров технологической схемы работы экскаваторного звена		2				[6], [7]	опрос
2.7.	ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.	2					[4], [5],	
	Практическое занятие №8. Расчет объемов работ и ресурсов по устройству дорожной одежды		2				[6], [7]	опрос
	Практическое занятие №9. Построение календарного графика производства дорожно-строительных работ..		2				[6], [7]	опрос
2.8	ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ УЧАСТКА ДОРОГИ.	2					[8],	
	Итого за семестр	16	18					Защита курсовой работы Экзамен
	Всего	34	34					

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Мытько Л.Р., Автомобильные дороги. – М., Инфра – Инженерия, 2021.- 344с.
2. Мытько Л.Р., Основы проектирования автомобильных дорог. – М., Инфра – Инженерия, 2022.- 308с.
3. Мытько Л.Р. Проектирование участка автомобильной дороги: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Автомобильные и железные дороги» для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Минск: БНТУ, 2018. - 117с
4. Мытько Л.Р. Основы строительства и эксплуатации автомобильных дорог. – М., Инфра – Инженерия, 2023.- 368с.
5. Мытько Л.Р. Автомобильные и железные дороги: пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Минск: БНТУ, 2019. - 120с.
6. Мытько Л.Р. Автомобильные дороги. Курсовое проектирование– М., Инфра – Инженерия, 2024.- 304с.
7. Мытько Л.Р. Автомобильные дороги. Примеры решения задач – М., Инфра – Инженерия, 2024.- 304с.
8. Мытько Л.Р. Зимнее содержание автомобильных дорог. – М., Инфра – Инженерия, 2022.- 324с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

9. СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги. Строительные нормы, Мн. 2019. – 55 с.
10. Бабков, В.Ф., Проектирование автомобильных дорог. Ч.1. / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. - М.: «Транспорт», 1987. – 368с.
11. ТКП 200-2018 (33200). Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009. – 84с.
12. ТКП 45-3.03-112-2008 (02250). Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 42с.
13. Яцевич, И.К. Проектирование автомобильных дорог. Методические указания по выполнению курсового проекта №1. / И.К. Яцевич, Е.И. Кононова. – Минск: БНТУ, 2010. – 97с.
14. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том 2. / А.П. Васильев. – М.: Инфрмавтодор, 2004. – 1129с.

## **Средства диагностики результатов учебной деятельности**

Оценка уровня знаний студента при сдаче экзамена производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Оценка промежуточных учебных достижений студента также осуществляется по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- опрос на практических занятиях;
- защита курсовой работы;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета по дисциплине;
- сдача экзамена.

## **ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ**

1. Мониторинг дорожно-транспортной обстановки с использованием беспилотных летательных аппаратов.
2. Международный опыт использования нетрадиционных источников энергии при содержании транспортных объектов.
3. Снижение аварийности на автомобильных дорогах путем использования дорожных ограждений.
4. Использование беспилотных летательных аппаратов при изысканиях автомобильных дорог.
5. Использование беспилотных летательных аппаратов при строительстве автомобильных дорог.
6. Использование геоинформационных технологий при проектировании и содержании автомобильных дорог.
7. Современные технологии ремонта цементобетонных покрытий.
8. Современные технологии ремонта трещин асфальтобетонных покрытий.
9. Современные технологии ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий
10. Современные технологии ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий в зимний период
11. Современные технологии устройства слоев износа
12. Современные материалы для изготовления дорожных знаков.
13. Новые материалы, применяемые для устройства дорожной разметки
14. Современные технологии ремонта асфальтобетонных покрытий
15. Современные машины для содержания автомобильных дорог
16. Современные материалы для изготовления шумозащитных

- устройств
17. Зарубежный опыт ремонта автомобильных дорог
  18. Методы неразрушающего контроля качества дорожных одежд
  19. Пропуск негабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам.
  20. Новые материалы, применяемые для армирования слоев дорожной одежды
  21. Способы защиты цементобетонных покрытий от агрессивного воздействия солей
  22. Современные методы и приборы для определения геометрических параметров автомобильных дорог

### **ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ**

1. Проектирование участка автомобильной дороги.
2. Организация работ по строительству участка автомобильной дороги.
3. Организация работ по содержанию участка автомобильной дороги.
4. Проектирование, строительства и содержание участка автомобильной дороги.
5. Зимнее содержание участка автомобильной дороги.

Согласно учебному плану на выполнение курсовой работы отведено 40 часов самостоятельной работы.

### **ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

1. Основные элементы автомобильных дорог.
2. Классификация автомобильных дорог.
3. Основные технические нормы проектирования автомобильных дорог.
4. Определение технической категории автомобильной дороги.
5. Обоснование радиусов горизонтальных кривых.
6. Проектирование закругления по круговой кривой.
7. Проектирование закругления с переходными кривыми.
8. Проектирование вариантов трассы автомобильной дороги.
9. Определение радиусов закруглений трассы.
10. Определение дирекционного угла, азимута, румба трассы.
11. Правила оформления чертежа «План дороги».
12. Определение отметок поверхности земли по оси трассы.
13. Назначение руководящих рабочих отметок и контрольных точек.
14. Нанесение исходной информации на продольный профиль.
15. Основные элементы продольного профиля.
16. Правила заполнения таблиц исходной информации и проектных решений
17. Основные правила нанесения проектной линии.

18. Определение величины продольных уклонов.
19. Проектирование вертикальных кривых.
20. Определение положения вершины вертикальных кривых.
21. Способы определения промежуточных точек на вертикальных кривых.
22. Основные правила проектирования кюветов.
23. Проектирование кюветов в выемках.
24. Проектирование кюветов на участках низкой насыпи.
25. Проектирование кюветов на участках с уклоном менее 5‰.
26. Проектирование кюветов на вертикальных кривых.
27. Проектирование укрепления дна кювета.
28. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги.
29. Типовые поперечные профили насыпи.
30. Типовые поперечные профили выемок.
31. Классификация дорожных одежд.
32. Основные слои дорожных одежд и их назначение.
33. Расчет нежестких дорожных одежд по упругому прогибу.
34. Определение характеристик малого водотока.
35. Основные элементы водопропускных труб.
36. Определение диаметра и длины водопропускной трубы
37. Состав проекта организации строительства.
38. Состав проекта производства дорог.
39. Состав подготовительных работ.
40. Определение объемов подготовительных работ.
41. Расчет ресурсов для выполнения подготовительных работ.
42. Организация работ по устройству водопропускных труб.
43. Засыпка водопропускных труб.
44. Устройство металлических гофрированных водопропускных труб
45. Определение объемов работ по устройству водопропускных труб.
46. Организация работ по возведению земляного полотна.
47. Разработка выемки бульдозером ярусно-траншейным способом.
48. Расчет ресурсов и комплектование бульдозерного звена.
49. Расчет ресурсов и комплектование скреперного звена.
50. Разработка выемки скрепером по шахматно-гребенчатой схеме.
51. Схемы возведение насыпей, разработки выемок скреперами.
52. Возведение насыпей экскаваторным звеном.
53. Расчет параметров технологической схемы экскаваторного звена.
54. Применение погрузчиков для разработки выемок.
55. Технология выполнения планировочных работ.
56. Технология строительства дренирующих слоев дорожной одежды.
57. Технология устройства слоев оснований дорожной одежды
58. Технология устройства асфальтобетонного покрытия.
59. Правила построения календарного графика производства работ.
60. Способы обеспечения незаносимости земляного полотна снегом.

61. Определение объемов снегоприноса.
62. Определение границ снегозаносимых участков.
63. Способы защиты автомобильных дорог от снежных заносов.
64. График размещения снегозадерживающих устройств.
65. Временные устройства защиты дорог от снежных заносов.

### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка курсовой работы по индивидуальным заданиям.
- участие в научно-исследовательской работе;
- составление тематической подборки литературных источников.

### Протокол согласования учебной программы УВО

Название учебной дисциплины с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
Согласование не требуется	«Автомобильные дороги»		Протокол №8 от 25.03. 2024 г.

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

### Оформление записи о переутверждении учебной программы без изменений

Учебная программа рассмотрена и одобрена без изменений на  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год кафедрой \_\_\_\_\_  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)