КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОМНОМНОЕ

ПРОФИССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

**Методические указания**

для выполнение курсового проекта по

МДК 01.01 «Изыскание и проектирование

автомобильных дороги и аэродромов»

Уссурийск

2016

Разработчик:

Езута Г.Г. – преподаватель специальных дисциплин КГА ПОУ «Дальневосточный технический колледж»

Дисциплина входит в общеобразовательный цикл. Контрольные задания для студентов - заочников разработана в соответствии с требованиями ФГОС СПО по дисциплине и Положениям о письменных контрольных работах на отделения заочного и дополнительного образования КГА ПОУ «Дальневосточный технический колледж»

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение………………………………………………………………………………..…………………………………………..3

1 Сбор характеристик района проектирования

автомобильной дороги……………………………………….……………………….........................................4

2 Установление категории автомобильной дороги………………………………………………..…6

2.1 Установление технической категории дороги…….……….…………………………………………...6

2.2 Установление технических норм проектирования

по СП 34.13330.2012…………………………………………………………………………………………………………...7

3 Проектирование трассы…………………………………………….…………………………………………9

3.1 Нанесение трассы и ее описание. Расчет………………..……………………………………….….9

3.2 Сравнение вариантов трассы……………………………………….………………………………………….15

4 Расчет искусственных сооружений…………………………………..……………………………………..16

4.1 Определение характеристик водосборного бассейна ………………………………………....16

4.2 Расчет расходного стока для сооружения……………………….……………………………………..21

4.3 Определение проектных характеристик труб …………………..…………………………………….22

4.4 Определение проектных характеристик малых мостов………………………………………….28

5 Проектирование продольного профиля…………………………………………………………………..32

5.1 Анализ условий и назначение руководящей

рекомендуемой отметки …………………………………………....……………………………………………32

5.2 Проектирование вертикальных кривых………………………….………………………………………38

5.3 Расчет точек нулевых работ…………………………………………....……………………………………...39

6 Проектирования поперечных профилей…………..…………………………………………………….40

7 Проектирование и расчет дорожной одежды……………..…………………………………………45

Заключение………………………………………………………………………….…………………………………………….69

Список используемой литературы…………………..……………………………………………………………….70

**Введение**

В настоящее время, время высоких технологий и глобальных перемен, человечество все больше ощущает влияние автомобильного транспорта. Растут города, развиваются страны и конечно же все это требует развитие инфраструктуры , способной отвечать современным техническим требованиям.

Протяженность только федеральных дорог России превышает 50 тысяч километров, содержание и ремонт которых составляет около 5 % государственного бюджета. С ростом интенсивности требуется развитие и модернизация существующей сети автомобильных дорог, что заставляет производит новые изыскания для строительства новых и реконструкцию существующих дорог.

Данные методические указания (МУ) посвящены выполнению одного из нескольких курсовых проектов специальности 270831 «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов».

Поработав с методическими указаниями, у студента должны создаться представления и развиться практический опыт по выполнению курсового проекта рота, а так же основными стадиями проектирования автомобильной дороги. Студент, возможно будущий дорожный мастер, должен знать не только технологию производства работ, но и моменты проектирования, чтобы он мог свободно читать строительные чертежи и ведомости.

МУ возможно использовать на всех стадиях обучения. От выполнения рядовых практических работ, до выполнения курсового и дипломного проектирования.

**1 Сбор характеристик района проектирования автомобильной дороги**

Данный пункт курсового проекта (КП) посвящен сбору основных исходных данный на выполнение КП. Собираются данные о экономическом состоянии региона, климате и рельефе. Описывается геологическое строение региона и данные гидрологических наблюдений. Объем данного материала составляет от 2 до 5 листов формата А4.

**Пример:**

**1 Общие материалы**

**1.1 Общая пояснительная записка**

**1.1.1 Характеристика района проектирования**

Экономическая характеристика района положения трассы:

В объёме промышленного производства выделяются лёгкая промышленность (32,8 % — самая высокая в России), электроэнергетика (24 %), машиностроение (20 %), пищевая промышленность (18 %) и деревообработка (3 %).

**Климат:**

Амурская область расположена в 2-ой дорожно-климатической зоне - с распространением вечномерзлых грунтов Климат муссонный, с суровой и ма-лоснежной зимой и жарким, влажным летом. Отрицательные температуры воздуха бывают с 27 октября до 5 апреля, а расчётная длительность периода отрицательных температур 161 сутки.

Таблица 1–Средняя месячная и годовая температура воздуха,0С

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяц | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
| Температура,ºС | 10,3 | 11,6 | 12,2 | 11,3 | 12,7 | 11,4 | 10,1 | 10,4 | 11,5 | 11,0 | 9,4 | 9,7 | 11,0 |

Таблица 2–Повторяемость направлений ветра

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление ветра | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ |
| Январь | 21 | 5 | 1 | 1 | 6 | 6 | 11 | 49 |
| Июль | 13 | 13 | 10 | 15 | 21 | 9 | 6 | 13 |

**Рельеф:**

Район прохождения трассы дороги характеризуется в большей степени равнинным рельефом.

**Инженерно-геологические условия:**

Инженерно-геологические условия по трассе проектируемой дороги однообразны. Выделено всего четыре инженерно-геологических элемента, распространенных по всей трассе:

1. Растительный слой мощностью 0,15 м;

2. Супесь тяжелая

3 Суглинок тяжелый

4. Суглинок тяжелый пылеватый

Уровень грунтовых вод в пониженных местах м.

**Гидрология:**

Большинство ивановских рек берут начало на равнинах. Этим объясняется чистота и качество их вод.

На данном участке проектирования рек нет. Имеются пониженные места, которые во время дождя и таяния снега заполняются водой.

Выделено 3 водотока, заполняем мы при обильных осадках

**2 Установление категории автомобильной дороги**

**2.1 Установление технической категории дороги**

Данный пункт КП посвящен установлению технической категории автомобильной дороги. Очень важно знать категорию, дабы нормы проектирования зависят от технической категории а/д. В Российской федерации существует 5 технических категорий , от 1 до 5. Категория а/д зависит от интенсивности движения автомобилей в сутки. При проектировании учитываются только расчетный легкой автомобиль. Чтобы перевести поток транспортный поток к расчетному автомобилю, необходимо вести так называемый коэффициент приведения, который зависит от вида ТС, и находится в таблице 4.2 [1].

**Пример:**

Для определения перспективной интенсивности движения нам известно: состав транспортного потока и его процентное содержание, интенсивность движения на данный расчётный год равная 750 а/сут.

Таблица 3 – Данные для расчета фактической и приведенной интенсивности движения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип или марка автомобиля | Процентное соотношение автомобиля каждой марки в потоке | Среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут | Коэффициент привидения | Приведенная среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут |
| Легковые | 33 | 247,5 | 1 | 247,5 |
| Грузовые 2 т | 15 | 112,5 | 1,5 | 168,75 |
| Грузовые 14 т | 18 | 135 | 3 | 405 |
| Грузовые 15 т | 9 | 67,5 | 3,5 | 236,25 |
| Автопоезда 12т | 25 | 187,5 | 3,5 | 656,25 |
| Итого: |  |  |  | 1713,75 |

По данным расчетной интенсивности движения автотранспорта на двадцатилетнюю перспективу, которая составит 1713 авт./сут, в соответствии со таблицей 4.1 [1] строительство автомобильной дороги рекомендуется осуществить по нормативам 4 категории а/д.

**2.2** **Установление технических норм проектирования**

В данном пункте КП устанавливаются рекомендуемые и основные предельные нормы по [1] для проектирования а/д

**Пример:**

В соответствии с[1] рекомендуемые нормы проектирования приведены в табл. 5

Таблица 5 - рекомендуемые технические нормы

|  |  |
| --- | --- |
| Норматив, единица измерения | Численное значение норматива |
| Продольный уклон, | Не более 30 |
| Расстояние видимости для автомобиля, м | Не менее 450 |
| Радиусы кривых в плане, м | Не менее 3000 |
| Радиусы кривых продольного профиля: |  |
| - выпуклых, м | Не менее 70000 |
| - вогнутых, м | Не менее 8000 |
| Длины кривых в продольном профиле: |  |
| - выпуклых, м | Не менее 300 |
| - вогнутых, м | Не менее 100 |

В соответствии со[1] основные минимально допустимые нормы проектирования представлены в табл*.* 6

Таблица 6 - Основные предельные нормы проектирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Норматив | | Единица измерения | Числовое значение норматива |
| *1.* | Категория дороги |  | 4 |
| Основные нормативе поперечного профили дороги | |  |  |
| *2.* | Расчетная скорость | км/ч | 80 |
| *3.* | Число полос движения | шт. | 2 |
| *4.* | Ширина полосы движения | м | 3,0 |
| *5.* | Ширина проезжей части | м | 6,0 |
| *6.* | Ширина обочин | м | 2,0 |
| *7.* | Наименьшая ширина укрепленной полосы обочин | м | 0,5 |
| *8.* | Ширина земляного полотна | м | 10 |

**3 Проектирование трассы**

**3.1 Нанесение трассы и ее описание**

Данный пункт посвящен одной из самых главных задач проектирования а/д – проектирование плана трассы и расчет ведомости углов поворота. Рассмотрим его поподробнее.

**Виды тангенциальных ходов и способы проложения трассы**

Автомобильную дорогу следует вести по кратчайшему направле­нию, однако этому препятствуют элементы рельефа местности, водные преграды, заповедники, ценные земли и другие препятствия. Выбор положения трассы на местности представляет собой ответственную задачу.

Положение оси автомобильной дороги в пространстве, отвечающее ее проектному положению на местности, называется **трассой *дороги***. Трасса дороги определяется двумя проекциями: горизонтальной проекцией - в плане и вертикальной - в продольном профиле.

Трассирование заключается в проложении трассы автомобильной дороги между заданными пунктами, чаще всего населенными, при этом необходимо правильно наметить положение дороги на местности. Дорога, запроектированная в увязке с окружающей местностью, является наиболее безопасной и удобной для движения автомобилей.

Графическое изображение проекции трассы на горизонтальной плоскости, выполненное в уменьшенном масштабе, называют **планом трассы**. План трассы выполняют на топографической карте с сущест­вующей ситуацией местности. Выбор направления трассы осуществ­ляют по картам масштабов 1:5000 1:25000, чаще всего 1:10000. На сложных участках местности применяют масштаб 1**:**2000**.**

По карте устанавливают основные контрольные точки, через которые должна пройти трасса будущей дороги. При этом изучают контурные и высотные препятствия рельефа местности, водные прегра­ды (болота, озера, реки), лесные и сельскохозяйственные угодья, заповедники.

Трассу дороги на плане наносят сплошной основной линией. По всей длине трассы проставляют пикеты, расположенные на расстоянии 100 м друг от друга, и километры через 10 пикетов. Условные обозна­чения пикетов выполняют в виде вертикальной черты, каждый пятый пикет подписывают цифрой 5, а километр изображают километровым указателем с номером километрового знака.

Вершину угла поворота подписывают ВУ, обозначая номер верши­ны по порядку. На план наносят условные изображения искусствен­ных сооружений: труб, мостов, путепроводов. При пересечении трассы с железными и автомобильными дорогами, линиями электропередачи на плане указывают угол и пикетное положение пересечения. Карта должна быть привязана к странам света с указателем направления на север стрелкой в левом верхнем углу карты. На карте между двумя пунктами можно нанести несколько вариантов трассы, из которых нужно выбрать оптимальный   
(рис. 1).

На плане автомобильной дороги: наносят ситуацию и рельеф местности, вершины углов поворота дороги, пикеты, знаки и линии тангенсов, указатели километров; указывают значения элементов кривых (углов поворота, радиусов, тангенсов, суммарных длин круго­вых и переходных кривых - эти данные принимаются из ведомости углов поворота, прямых и кривых); наносят в масштабе откосы насы­пей и выемок, места пересечения с автомобильными и железными дорогами,

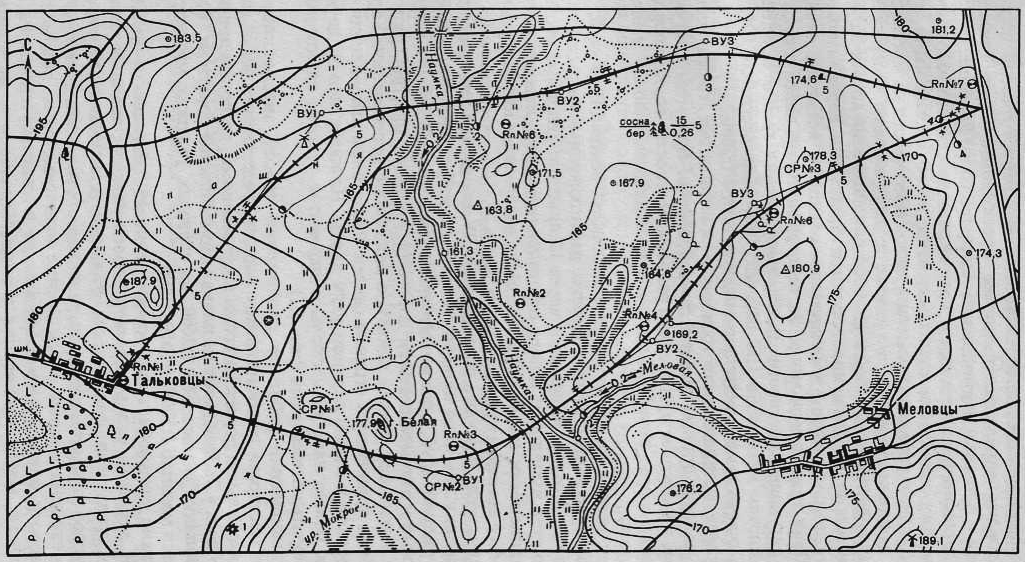


Рис.1 – Варианты проложения трассы на плане

линиями связи и электропередачи, положение искусствен­ных сооружений, инженерных сетей; закрепляют знаками границу постоянной полосы отвода.

Основными элементами плана трассы являются чередующиеся прямые и плавные круговые или клотоидные кривые участки дороги. Прямые участки дороги характеризуются длиной и направлением. Длина трассы - это сумма длин прямых и кривых, составляющих трассу. Длина прямых участков не должна превышать 4-6 км.

Направление трассы на местности характеризуется ее положением относительно сторон света. Для этого вычисляют румбы прямых участков дороги. Отсчет румбов от 0 до 90° По этим данным можно точно восстановить положение трассы дороги на местности.

В местах перелома прямых участков дороги вписывают плавные круговые кривые, переходные кривые с круговой вставкой, клотоидные кривые. Основным элементом изменения направления трассы в плане является **угол поворота а**, который измеряют между продол­жением первого направления и началом второго направления. Угол поворота по карте измеряют транспортиром, на местности теодолитом.

Основными элементами круговой кривой в плане являются: радиус R, тангенс Т, длина кривой К, домер - Д, биссектриса угла поворота Б

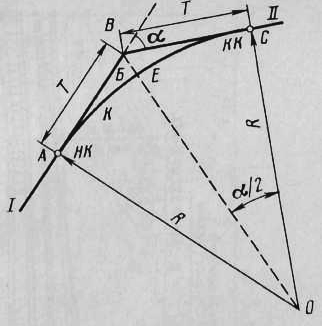


Рис.2 – Круговая кривая

**Порядок расчета ведомости углов поворота, прямых и кривых**

Исходными данными являются топографическая карта, с нанесенными на нее начальным и конечным пунктом проектируемой трассы

1) На плане трассы измеряют курвиметром или линейкой расстояния между углами S, м., а так же начальный азимут Aн о и углы поворота α о .

2) По данным углам α о  из таблиц [1] выписываем основные элементы круговой кривой для радиуса 1000м. (Т, К, Д, Б). Если изменили радиус необходимо основные элементы увеличит или уменьшить в соответствии с выбранным радиусом. Выполняем контроль расчета по формуле 1

**ΣТ\*2 – ΣК = ΣД, (1)**

**где** ΣТ – сумма тангенсов всех углов, м

ΣК – сумма кривых всех углов, м

ΣД – сумма домеров всех углов, м

3) Рассчитываем пикетажное положение вершин углов и конца трассы, по формуле 2

**Ву след = ВУ пред +S след – Д пред , где (2)**

Ву след – искомое положение следующей вершины, ПК

ВУ пред – пикетажное положение предыдущей вершины, ПК

S след – расстояние между Ву след и ВУ пред , м

Д пред – величина домера предыдущей вершины, м

4) Рассчитываем пикетажное начала и конца кривых по формулам 3,4,5

**НК = ВУ – Т, где (3)**

НК – начало кривой, м

Ву – пикетажное положение вершины угла, м

Т – тангенс угла, м

**КК = НК + К, где (4)**

КК – конец кривой, м

К – кривая угла, м

Формула 5 предназначена для контроля расчета, расхождений быть не должно с 4 формулой.

**КК = ВУ + Т –Д (5)**

5) Рассчитываем значение прямых вставок, расстояний между началом и концом кривой на участках не вошедших в зону кривых по формуле 6

**Пр след = НК след – КК пред, где (6)**

Пр след – искомое значение текущей прямой вставки, м

НК след – значение следующего начала кривой, м

КК пред – значение предыдущего конца кривой

6) Выполняем контроль расчета формулам 7,8,9

**ΣS – ΣД = Ктр, где (7)**

ΣS – сумма расстояний между вершинами, м

Ктр – значение конца трассы, м

**ΣПр + ΣК = Ктр, где (8)**

ΣПр – сумма прямых вставок, м

**Σ α пр - Σ α лев = Ак – Ан, где (9)**

Σ α пр – сумма правых углов поворота, градусы

Σ α лев – сумма левых углов поворота, градусы

Ак  - значение азимута конечного направления, градусы

Ан – значение азимута начального направления, градусы

По результатам расчета заполняется ведомость углов поворота по форме 4 по ГОСТ Р 21.1701-97 *«*Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог*»*

**Пример расчета ведомости углов поворота, прямых и кривых**

1) Измеряю длины между углами, углы поворота и начальный азимут

S1 = 1000 м, S2 = 1500 м, α1 лев = 12 о , А н = 35 о

2) Выписываю значения элементов кривой, пользуюсь таблицами для разбивки кривых под редакцией Ганьшина, т.к. радиус увеличил до 2000 м, необходимо выполнить перерасчет основных элементов.

Т = 105,10 \* 2 = 210,20 м.

К = 209,44 \* 2 = 418,88 м.

Д = 0,77 \* 2 = 1,54 м.

Б = 5,51 \* 2 = 11,02 м.

Проверяю домер.

3) Д = 2Т – К = 2\* 210,20 - 418,88 = 1,52 м, т.к. рассчитанное значение домера оказалось различно с табличным, за расчет берем пересчитанное значение.

4) Выполняю контроль расчета №1

ΣТ\*2 – ΣК = ΣД

210,20 \* 2 – 418,88 = 1,52 м

4) Рассчитываю значение пикетажных положений вершины угла и конца трассы

Нтр = 0 м, или ПК 0+00,00

Ву1 = Нтр+ S1 = 0 + 1000 = 1000 м, или ПК 10+00,00

Ктр = Ву1 + S2 =1000 + 1500 – 1,52 = 2498,48м, или ПК 24+98,48

5) Рассчитываю значение начала и конца кривой

НК = Ву1 – Т = 1000 – 210,20 = 789,80 м, или ПК 7+89,80

КК = НК + К = 789,80 + 418,88 = 1208,68 м, или ПК 12+08,68

6) Рассчитываю значение прямых вставок

Пр1 = НК – Нтр = 789,80 – 0 = 789,80 м.

Пр2 = Ктр – КК = 2498,48 – 1208,68 = 1289,80 м.

7) Рассчитываю азимуты последующих направлений

Ак = Ан - α1 лев = 35о – 12о = 23 о

8) Выполняю контроль расчета

ΣS – ΣД = Ктр

(1000 + 1500) – 1,52 = 2498,48 м.

ΣПр + ΣК = Ктр

(789,80 + 1289,80) + 418,88 = 2498,48 м.

Σ α пр - Σ α лев = Ак – Ан

0о – 12о = 23о – 35о

-12о = -12о

По результатам расчета заполняю таблицу 1

Таблица 1 – Ведомость углов поворота, прямых и кривых

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тоска  на трассе | Положение | | Угл | | R, м | Элементы кривой, м | | | |
| пк | + | л | п | Т | К | Д | Б |
| Нтр | 0 | 00 |  |  |  |  |  |  |  |
| ВУ1 | 10 | 00 | 12 |  | 2000 | 210,20 | 418,88 | 1,54 | 11,02 |
| Ктр | 24 | 98,48 |  |  |  |  |  |  |  |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Начало кривой | | Конец кривой | | Пр, м | S, м | Азимут | |
| ПК | + | ПК | + | Истинный | Вычисленный |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 789,80 | 1000 | 35 |  |
| 7 | 89,80 | 12 | 08,68 |
| 1208,68 | 1500 |  | 23 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**3.2 Сравнение вариантов трассы**

После расчета ведомости для двух вариантов трасс, необходимо выполнить сравнение вариантов, для последующей разработки выгодного варианта.

**Пример:**

Таблица 7 – Сравнение вариантов трассы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Значения | | Преимущество | |
| I | II | I | II |
| Длина трассы, м | 4082 | 4172 | + | - |
| Коэффициент удлинения, Lтр/Lвл | 1,08 | 1,20 | + | - |
| Количество углов поворота, шт | 1 | 2 | + | - |
| Средняя величина угла, град. | 25 | 35 | + | - |
| Среднее значение радиуса закругления, м | 2500 | 1700 | + | - |
| Количество пересечений:  водоток | 2 | 4 | + | - |
| Обеспечение видимости | Обеспеч. | Обеспеч. | = | = |
| Максимальный продольный уклон, ‰ | 25 | 43 | + | - |

Вывод: В результате сравнения вариантов по технико-экономическому сравнению и общим критериям наилучшим является первый (красный) вариант трассы, для него строим продольный профиль и рассчитываем дорожную одежду.

**4 Расчет искусственных сооружений**

**4.1 Определение характеристик водосборного бассейна**

Трасса автомобильной дороги пересекает пониженные места рельефа местности, по которым стекает вода. Водотоки на этих участ­ках могут быть постоянными и периодическими. Постоянными водото­ками являются реки и ручьи, в которые всегда происходит сток воды. 15 периодических водотоках вода стекает только лишь в периоды дождей, ливней или снеготаяния.

Земляное полотно автомобильной дороги, сооружаемое на пересе­чении водотока, нарушает его естественный режим работы. Для про­пуска воды через земляное полотно проектируют искусственные вооружения (трубы, малые мосты, лотки), а в отдельных случаях - фильтрирующие насыпи. Количество искусственных сооружений зависит от рельефа местности и климатических условий.

Малые мосты имеют длину до 25 м, могут быть одно- и многопро- летными. По материалу, из которого изготовляют пролетные строения, мосты бывают металлические, железобетонные и деревянные. Боль­шую часть водопропускных сооружений, строящихся на автомобиль­ных дорогах, составляют трубы. Трубы не меняют условий движения автомобилей и располагаются при любых сочетаниях плана и продоль­ного профиля дороги. Они не стесняют проезжей части и обочины, не изменения вида дорожной одежды.

Трубы обычно классифицируют: по форме отверстия - круглые, прямоугольные, овоидальные; по количеству отверстий - одно- и многоочковые; по материалу, из которого они изготовляются, - металлические, бетонные, железобетонные. Труба состоит из оголовка, звеньев трубы и фундамента. Наиболее распространены портальный, раструбный и коридорный оголовки. В настоящее время малые мосты и трубы строят по типовым проектам с привязкой к местным условиям данного района.

Малые мосты предъявляют более высокие требования к продоль-' ному профилю дороги, так как мост является частью дороги, по кото­рому идет движение автомобилей. Поэтому конструкция моста должна удовлетворять всем элементам автомобильной дороги в плане и продольном профиле. На мостах применяют другой тип покрытия, чем на подходах к мосту. При пересечении глубоких тальвегов и оврагов необходимость моста очевидна независимо от расхода воды.

В общем случае выбор типа и отверстия малого водопропускного сооружения зависит от расхода воды, который может пропустить каждое сооружение, от формы отверстия и его размера, допускаемой глубины, площади живого сечения и скорости течения воды. Допус­каемая скорость в основном зависит от типа укрепления русла в сооружении, на подходе к нему и на выходе из сооружения. Это дает возможность для каждого типа малых водопропускных сооружений и их отверстий заранее, независимо где это сооружение будет построено, определить расход воды, который может быть пропущен при различ­ных режимах работы и гидравлических параметрах этого сооружения.

Мосты применяют в том случае, если трубы не могут обеспечить пропуск всей воды, притекающей к дороге. Для увеличения пропуск­ной способности сооружения без повышения высоты насыпи устраи­вают многоочковые трубы одного и того же диаметра, уложенные в один ряд. Отверстия труб назначают не менее 1 м при длине трубы до 20 м и 1,25 м при длине трубы 20 м и более. Отверстия труб на автомобильных дорогах ниже И категории допускается принимать равными 1 м при длине трубы до 30 м. На съездах устраивают трубы диаметром 0,75 м.

Водопропускные трубы следует проектировать на безнапорный режим работы, когда на всем протяжении трубы водный поток сопри­касается со свободной поверхностью воздуха в трубе. Трубы нельзя применять на участках водотока при наличии ледохода, корчехода и образования наледи. Типовые трубы имеют круглое и прямоугольное отверстия: круглые - диаметром 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0 м; прямо­угольные— размерами 1,5x2,0; 2x2; 3x2; 2x3; 3x3; 4x3; 5x3: 6\*3 м.

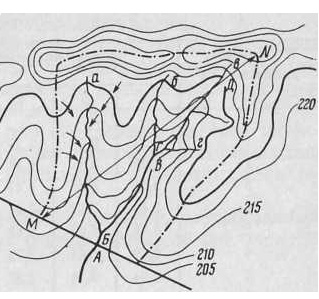


Рис.3 – Водосборный бассейн

При выполнении КП необходимо собрать характеристики лога. Такими являются:

- Площадь

- Длина лога

- Уклоны лога

- Коэффициент заложения откосов

- Глубина лога

- Угол пересечения с трассой

**Пример:**

Расчет проводим на примере водосборного бассейна на ПК 28+40.

1) Определение площади водосборного бассейна.

Вычисление площади водосборного бассейна выполняем на цифровой модели местности (ЦММ) в программе CREDO ДОРОГИ 3.1. Обводим границы водосборного бассейна и записываем значения площади данной фигуры

F = 0,2 км2

2) Определение длины

По тальвегу на ЦММ от его вершины по точки пересечения с трассой проводим линию и измеряем ее длину в метрах

L = 250м = 0,25 км

3) Средний уклон главного лога

iс = (Нвр-Нс)/L

Нвр –отметка верхней точки тальвега, м ; Нс – отметка лога у сооружения, м; L – длина главного лога, м.

4) Определение уклона лога у сооружения

Используя карту трассы определяем местоположение и отметки точек, лежащих выше и ниже сооружения.

iс = (Нв-Нн)/Lв+Lн)

где *Нв*, *Нн* – отметки точек на горизонталях выше и ниже сооружения, м,;*lв*, *lн* – расстояние по тальвегу от сооружения до верхней и нижней точки, м.

5) Определяем глубину лога перед искусственным сооружением

Hл = Нмин – Нс = 125-102 = 117,00 м

Таблица 8 - Ведомость характеристик водосборного бассейна

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика, единица измерения | Тальвеги | | |
| 1 | 2 |  |
| Пикетажное положение | 28+40 | 37+30 |  |
| Площадь бассейна, км | 0,2 | 0,35 |  |
| Длина главного лога, км | 0,25 | 0,45 |  |
| Отметка лога у сооружения, м | 290 | 290 |  |
| Отметка вершины лога, м | 300 | 300 |  |
| Уклон главного лога, доли единицы | 0,04 | 0,022 |  |
| Уклон лога у сооруже­ния, доли единицы | 0,045 | 0,036 |  |
| Отметка водораздела по оси дороги, м: |  |  |  |
| - правого | 292,5 | 292,5 |  |
| - левого | 292,5 | 292,5 |  |
| Косина сооружения, град. | 90 | 90 |  |
| Глубина лога у сооружения, м | 2,5 | 2,5 |  |

**4.2 Расчет расходного стока для сооружения**

Вода, которая образуется на поверхности земли в результате ливня и снеготаяния, собирается и стекает к пониженным местам с определенной территории. Для определения расхода воды необходимо выполнить расчет объема талых и ливневых вод. Пользуются методами разработанными в СОЮЗДОРПРОЕКТ.

**Расчет расхода от ливневых вод**

Qл = 16,7\*Ачас\*Кt\*А\*F\*Ф, где

Ачас – интенсивность ливня часовой продолжительности мм/мин, табл. 3.2 [6]

Кт – коэффициент перехода, табл.3.3 [6]

А – коэффициент потерь стока, табл.3.4 [6]

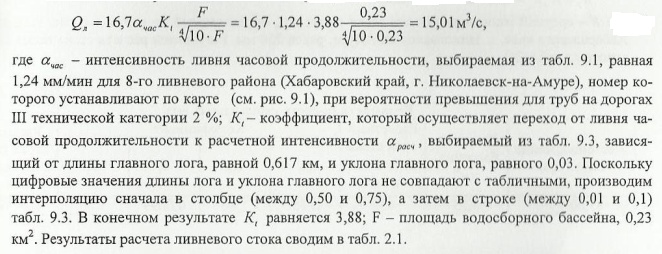
F – площадь водосборного бассейна, м2

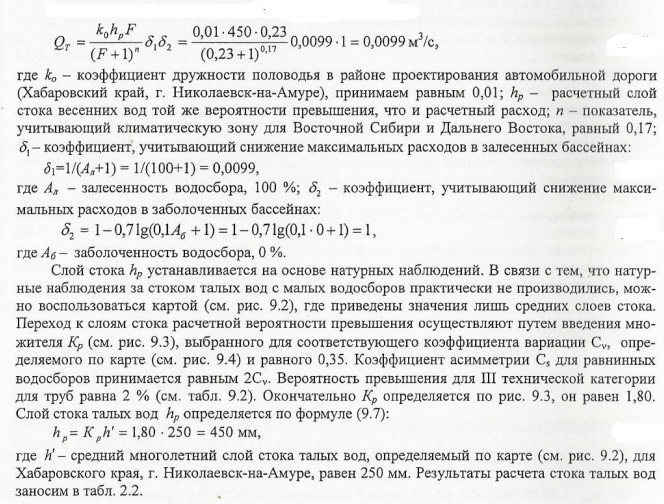
Ф – коэффициент редукции , табл.3.5 [6]

**Расчет расхода от талых вод**

Используем формулу 3.8 [6]. Описание смотри там же.

**Пример:**



****

**4.3 Определение проектных характеристик труб**

**Пример:**

* Подбор отверстий типовой круглой трубы покажем на примере водосборного бассейна на ПК 4+50,00

Расчетный расход для сооружения Qр = 13,00/с.

Труба должна работать в безнапорном режиме, т. е. Н ≤ 1,2d, т.к. максимально возможный диаметр типовых круглых труб составляет 2,00 м, то при обеспечении безнапорного режима подпор воды перед трубой не должен противоречить условию из [9]:



(5.16)

Максимальное значение подпора, соответствующее безнапорному режиму, приведенное в таблице (XIV.21[8]), равно 2,38 м. Этому подпору соответствует расход QI= 10,00 м3/с.

Следовательно, необходимое количество отверстий в сооружении (очков) можно определить по формуле (14[9]):



(5.17)

где *n* – количество отверстий в сооружении

что при округлении (всегда в большую сторону до целых чисел) соответствует 1 отверстиям (очкам).

Расчетный расход на 1 отверстие (очко) определяется по формуле (15[9]):



(5.18)

где *QpI* – расчетный расход на 1 отверстие (очко)

Расчет пропускной способности круглой трубы выполняется по формуле (XIV.23[8]):

(5.19)



где *Qc* – расчет пропускной способности круглой трубы; *ωс* – площадь сжатого сечения потока в трубе, вычисляемая при глубине в сжатом сечении; *hс = 0,5Н*,м2; *g* – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с; *Н* – подпор воды перед трубой, м, равный 2,38 м.

Так как в формуле имеется два неизвестных - *ωс* и *Н*, то при расчетах воспользуемся данными таблицы (XIV.21[8]) и графика (XIV.15[8]).

Первоначальное значение подпора определим по таблице (XIV.21[8]) для известного уже нам расчетного расхода на одно «очко» *=6,65 м3/с*. Этому значению расхода соответствует подпор воды перед трубой *Н* = 1,90 м.

Для определения величины *ωс* предварительно находим отношение. *hc/d* Так как *hc* = 0,5*H*, то отношение *hc/d* определяется:



(5.20)

где *hc* – толщина сжатого сечения; d – диаметр трубы, равный 2,00м

На графике (XIV.15[8]) откладываем на оси ординат полученное значение отношения *hc/d*=0,60 и проводим горизонтальную линию до пересечения к кривой *ω* и определим соответствующее ему значение на оси абсцисс отношения *ωс/d2 =0,38*, тогда *ωс* определяется из отношения (XIV.26[8]) и равно:

****

(5.21)

Подставляем полученные значения в формулу (XIV.23[8]) и определяем пропускную способность трубы:



(5.22)

Проверяем условие (6,65≥5,57). Условие не выполняется. Увеличиваем значение подпора

Н = 1,98

Вычисляю отношение *hc/d* равно:



Для донного значения, *hc/d* используя график (рис. XIV.15[8]) определяем отношение *ωс/d2 =0,4, откуда*

****

Подставляем полученные значения в формулу (XIV.23[8]) и определяем пропускную способность трубы:



Проверяем условие (6,65≥5,99). Условие не выполняется.

Увеличиваем значение подпора

Н = 2,14

Вычисляю отношение *hc/d* равно:



Для донного значения, *hc/d* используя график (рис. XIV.15[8]) определяем отношение ωс/d2 =0,44*, откуда*

****

Подставляем полученные значения в формулу (XIV.23[8]) и определяем пропускную способность трубы:



Проверяем условие (6,85≥6,65). Условие выполняется.

Проверяем условие *Н* ≤ 1,2*d* (2,14 < 1,2⋅2,00 = 2,40).

Условие выполняется, т. е. режим работы трубы действительно безнапорный.

Проверяем условие *hл*≥ *H* + 0,25 м (11,25≥2,14+0,25). Условие выполняется

Окончательно проектируем круглую 2-х очковую трубу диаметром 2,00 м, глубиной воды перед трубой Н=2,14 м и скоростью течения воды на входе в трубы *Vвх* = 3,89м/с.

Расчет для остальных бассейнов проводим аналогичным образом. Результаты представлены в таблице 5.5.

Подбор отверстий типовой прямоугольных трубы покажем на примере водосборного бассейна, на ПК 4+50,00

Расчетный расход для сооружения Qр = 13,3 м3/с.

Для определения пропускной способности трубы в безнапорном режиме используем формулу (XIV.25[8]):



(5.22)

где *b* – ширина трубы взятая из таблицы (XIV.23[8])

Методом подбора, применяя различные значения величин *b∙h* и *Н* определяем пропускную способность трубы:

Qр = 13,3м3/с. Н=2,27м b∙h=2,5∙2,0 м



Проверяем условие (11,37≥13,30). Условие не выполняется. Для увеличения пропускной способности трубы изменяем величину *Н* и определяем пропускную способность трубы:

Qр = 13,3м3/с. Н=1,97м b∙h =3,00∙2,50 м



Проверяем условие (11,03≥13,30). Условие не выполняется. Продолжаем изменения определяем пропускную способность трубы:

Qр = 13,3м3/с. Н=2,27м b∙h =3,00∙2,50м



Проверяем условие (13,64≥13,30). Условие выполняется.

Проверяем условие *Н* ≤ 1,2*d* (2,27 < 1,2⋅2,50 = 3,00).

Условие выполняется, т. е. режим работы трубы действительно безнапорный.

Проверяем условие *hл*≥ *H* + 0,25 м (11,25≥2,27+0,25). Условие выполняется,

Окончательно проектируем прямоугольную 1-на очковую трубу с размерами 3,00х2,50м, глубиной воды перед трубой Н=2,27 м и скоростью течения воды на входе в трубы *Vвх* = 4,01 м/с.

Расчет для остальных бассейнов проводим аналогичным образом. Результаты представлены в таблице 5.5.

Определение минимальной допускаемой высоты насыпи у трубы

Минимальная высота насыпи Нmin, обеспечивающая размещение трубы в земляном полотне дороги, зависит от подпора воды перед трубой Н, который, в свою очередь, зависит от режима протекания потока, высота трубы в свету hтр (или d для круглой трубы), толщины стенки звена круглой трубы δ, толщины дорожной одежды hдо и определяется по формуле (23[9]):



(5.23)

где *h*тр – высота трубы в свету (диаметр для круглой трубы), м; *δ* - толщина стенки звена круглой трубы или толщина плиты перекрытия у прямоугольной трубы, взятые из таблицы (стр. 11[9]), м; *Δ* - толщина засыпки над трубой, считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы до низа дорожной одежды, принимается равным 0,50 м; *h*до – толщина дорожной одежды, принимается равным 0,50 м.

Определение длины трубы

Длина трубы зависит от высоты насыпи у трубы *Н*нас., которая определяется по продольному профилю после его проектирования и которая должна быть не менее минимальной высоты насыпи у трубы *Н*нас.≥ *Н*min..

Так как высота насыпи *Н*нас ≤ 6,00 м (3,16<6.00), то для определения длины трубы без учета оголовков используем формулу (стр.9[9]):



(5.24)

где *В* – ширина земляного полотна; *m* – коэффициент заложения откосов земляного полотна, при отсутствии дополнительных требований принимается равным 1,5; *i*тр – уклон трубы, при отсутствии дополнительных требований принимается равным уклону лога у сооружения *i*c; n – толщина стенки оголовка, принимается равной 0,35 м (первое и последнее звенья входят в оголовки на 0,5n); *α* - угол косины сооружения.

Конструктивная длина тела трубы определяется по формуле (стр.10[9]):

(5.25)

lк=lвх.зв + (n-1)⋅ lзв+ (n-1)⋅δ=1,32+11∙1,00+11∙0,03=33,52м

где *lвх.зв* – длина входного звена трубы, определяемая по таблице (стр.11[9]), равная 1,32м *lзв* – длина звеньев трубы, м, определяемая по таблице (стр.11[9]), равная 1,00м; *δ*- величина зазоров между звеньями, принимается равной 0,03 м; *n* – количество звеньев трубы (принимается в зависимости от длины звеньев), равное 11.

Полная длина трубы определяется по формуле (25[3]):

(5.26)

Lтр= lк + М + М1=33,52+3,66+3,66=40,64 м

где *М* и *М1* – длина оголовка, равная, по таблице (стр.11[9]) для труб диаметром 2,00м –3,66м.

* Определение отметки горизонта подпертых вод

Отметка горизонта подпертых вод определяется для входного оголовка по формуле (26[9]):



(5.27)

Так как *hл*< *H(0,25<1,55)*,то во избежание перелива воды в соседний бассейн на низком водоразделе проектируется дамба.

Отметка верха дамбы у сооружения определяется по формуле (27[9]):

(5.28)



где *НГПВ* – отметка горизонта подпертых вод; 0,25 – минимальный запас над уровнем воды, м.

**4.4 Определение проектных характеристик малых мостов**

Определение глубины потока покажем на примере водосборного бассейна, на ПК 26+30,00

Используя приложение (23[10]) определяем коэффициент шероховатости для сухого задернованного русла:

n=0.35

Форму русла принимаем треугольную и определяем средний коэффициент заложения склонов по оси дороги определяется по формуле [11]:

(5.29)

mср=(mл+mп)/2=(701+387)/2=544

где *mср* – средний коэффициент заложения склонов по оси дороги

Определяем значение расчетной расходной характеристики по формуле [11]:



(5.30)

где *Qл* – расход ливневого стока взятого с ВП=2% , равный 12,77 м3/с; *i0* – уклон лога у сооружения, равный 0,03

Используя способ подбора произвольно назначаем *h1*=1,00 м и последовательно вычисляем:

1). Определяем площадь живого сечения по формуле (IV.9[10]):

(5.31)

ω1= mср·h12=544\*12=544 м2

2). Определяем площадь смоченного периметра по формуле [11]:



(5.32)

3). Определяем гидравлический радиус по формуле (IV.3[10]):

R1=ω1/χ1=544/1088=0.50 м

(5.33)

4) Скоростную характеристику определяем по прил. 24 [10]. *W=16,5 м/с*

5) Определяем расходную характеристику по формуле [11]:

(5.34)

*K1=ω1·W1=544\*16,5=8976 м2/с*

6) Рассчитываем расхождение по формуле [11]:



(5.35)

Так как расхождение между К1 и К0 >5%, то Повторяем весь расчет для h2=0.50 м:

1) Определяем площадь живого сечения:

*ω2= mср·h22=544\*0,52=136 м2*

2) Определяем площадь смоченного:



3). Определяем гидравлический радиус:

*R2=ω2/χ2=136/544=0,25 м*

4) Скоростную характеристику определяем по прил. 24 [10]. *W=8,00 м/с*

5) Определяем расходную характеристику:

*K2=ω2·W2=136\*8=1088 м2/с*

6) Рассчитываем расхождение по формуле [11]:



(5.36)

Так как расхождение между К2 и К0 >5% то для нахождения нормальной глубины потока используем показательный закон, согласно которому (IV.23[10])

(5.37)



где *х* – гидравлический показатель русла, который определяется по формуле (IV.24[10]):



(5.38)

Искомую нормальную глубину находим по формуле (IV.25[10]):



(5.39)

1) Определяем площадь живого сечения:

*ω3= mср·h02=544·0,202=21,76 м2*

2) Определяем площадь смоченного:



3). Определяем гидравлический радиус:

*R3=ω3/χ3=21,76/217,6=0,10 м*

4) Скоростную характеристику определяем по прил. 24 [10]. *W=3,56 м/с*

5) Определяем расходную характеристику:

*K3=ω3·W3=21,76·3,56=77,46м2/с*

6) Рассчитываем расхождение по формуле [11]:



(5.36)

Расчет для остальных бассейнов проводим аналогичным образом.

Таблица 5.6. Определение нормальной глубины потока. (красная)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПК+  м | Qр  м3/с | iо | mср | hо  м |
|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4+50,00 | 13,30 | 0,04 | 39 | 0,49 |
| 13+00,00 | 18,09 | 0,01 | 69 | 0,49 |
| 26+30,00 | 12,77 | 0,03 | 544 | 0,20 |
| 29+55,00 | 5,60 | 0,02 | 223 | 0,23 |
| 31+60,00 | 7,66 | 0,01 | 117 | 0,34 |
| 36+00,00 | 9,10 | 0,05 | 44 | 0,38 |
| 39+60,00 | 6,66 | 0,02 | 37 | 0,43 |

Таблица 5.6.а Определение нормальной глубины потока. (черная)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПК+  м | Qр  м3/с | iо | mср | hо  м |
|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4+50 | 13,3 | 0,04 | 39 | 0,47 |
| 19+00 | 8,55 | 0,08 | 25 | 0,36 |
| 20+25 | 3,34 | 0,06 | 802 | 0,099 |
| 31+50 | 15,95 | 0,07 | 44 | 0,44 |
| 30+70 | 5,60 | 0,02 | 773 | 0,13 |
| 33+00 | 7,72 | 0,01 | 283 | 0,23 |
| 37+30 | 9,10 | 0,05 | 44 | 0,36 |
| 41+00 | 6,66 | 0,02 | 37 | 0,40 |

Расчет малых мостов по типу свободного протекания потока в под мостовом русле покажем на примере водосборного бассейна, на ПК 4+50,00

1) По таблице (VI.2.[10]) устанавливаем, что устоям с откосными крыльям соответствует коэффициент расхода *m=0.35*, тогда по таблице (VI.2.[10]) *N=0.80*

Вычисляем значение подпора



Проверяем условие затопления (VI.3[10]):

(5.40)

*h0.≤NH (0.49≤0.80∙1.92*

то под мостовое русло является незатопленным и поэтому коэффициент затопления *σз=1*

2) Определяем размер отверстия моста по формуле (VI.8[10]):



(5.41)

Принимаем ближайшее большее стандартное значение *b1=5,60м.*

3) Определяем уточненное значение напора перед мостом по формуле (VI.10[10]):

(5.42)



4) Условие *h0.≤NH (0.49≤0.80∙1,32),* не изменилось.

5) По таблице (VI.2.[10]) устанавливаем, что *К1=0,52* и по формуле (VI.4[10]) определяем глубину в расчетном сечении:

(5.43)

hрасч=К1∙Н1=0,52∙1,32=0,68 м

Скорость потока в расчетном сечении может быть определена из условия неразрывности (VI.9[10]):

Vрасч=Qрасч/(b1∙hрасч)=13,3/(5,60∙0,68)=3,49 м/с

(5.44)

6) По данным приложения (22[10]) устанавливаем , что при *Vрасч=3,49 м/с* и *hрасч=0,68 м* под мостовое русло необходимо укрепить мощением на щебень из рваного камня размером 20 см, на глубину не менее 10 см.

**5 Проектирование продольного профиля**

**5.1 Анализ условий и назначение руководящей рекомендуемой отметки**

Одним из наиболее сложных, ответственных и трудоемких этапов проектирования автомобильной дороги является нанесение проектной линии продольного профиля.

На положение проектной линии влияют:

продольный профиль поверхности земли по оси дороги (на некото­рых участках он может иметь большие перепады высот);

почвенно-грунтовые условия, позволяющие решить задачи распре­деления земляных масс и пригодности грунта для устройства земля­ного полотна;

климатические факторы, от которых зависит конструкция земля­ного полотна и дорожной одежды;

гидрологические условия, определяющие типы и размеры водо­отводных и водопропускных сооружений;

экономические условия, обеспечивающие минимум суммарных приведенных затрат на строительство дороги.

Основными и решающими факторами при выборе положения трассы в плане и продольном профиле являются требования безопас­ности движения.

Скорость движения является одним из основных показателей транспортно-эксплуатационных качеств автомобильной дороги. Чередование участков с различными дорожными условиями, места с ограниченной видимостью дороги, крутые спуски и подъемы с поворо­тами в плане значительно изменяют скорости движения, и от водителя требуется повышенная внимательность и осторожность. Каждый водитель должен считаться с дорожными условиями и выбирать безопасную скорость. Проектировщик обязан правильно решить задачу сочетания участков в плане и продольном профиле, имеющих различную скорость движения.

Плавность сочетания кривых плана и продольного профиля в основном зависит от соотношения длин и радиусов кривых, а также от смещения основных элементов кривых в плане и продольном профиле по отношению друг к другу.

Если кривая в плане значительно короче вертикальной кривой, в перспективе дорога имеет излом и просадку, поэтому для водителя создается напряженная ситуация и он уменьшает скорость. Проектиро­вание выпуклых вертикальных кривых малых радиусов на прямых участках не рекомендуется. При совпадении вертикальных и горизон­тальных кривых желательно, чтобы длины вертикальной и горизон­тальной кривых длины совпадали или горизонтальная кривая была всегда длиннее вертикальной кривой и больших радиусов.

Самым опасным участком считается место сопряжения концов кривых в плане с началом выпуклых и вогнутых кривых. Неожидан­ный поворот в плане создает ситуацию, в которой водитель на знает дальнейшее направление дороги, если еще применена минимально допустимая вертикальная выпуклая кривая. Аварийные ситуации в таких случаях неизбежны. Подобная ситуация создается на участке вогнутой кривой в ночное время. Проектировщик должен стремиться увеличивать предельную норму для элементов плана и продольного профиля для данной категории дороги. Применение радиусов кривых в плане и продольном профиле больше минимально допустимых дает возможность сохранить конструкцию земляного полотна при реконст­рукции дороги.

При проектировании дорог всех категорий, когда условия местнос­ти и экономическая целесообразность оправданы, необходимо соблю­дать следующие требования: продольные уклоны должны быть не более 30 %»; расстояние видимости для остановки автомобиля - не менее 450 м; радиусы кривых в плане - не менее 3000 м; радиусы выпуклых кривых - не менее 70 000 м; радиусы вогнутых кривых - не менее 8000 м; длина выпуклой кривой не менее 300 м, вогнутой - не менее 100 м.

В переломы проектной линии вертикальные кривые можно не вписывать при алгебраической разности уклонов z'j - /2 менее 5 %0 для дорог I и II категорий, менее 10 %0 — III категории, менее 20 % - IV и V категорий (см. рис. 5.6).

Проектную линию при пересечении и примыкании автомобильных дорог в одном уровне следует располагать на прямых участках с обеспеченной видимостью, продольный уклон не должен превышать 40%„.

Пересечение автомобильных дорог железными дорогами должны быть под прямым углом, допускается острый угол пересекающихся дорог в одном уровне не менее 60°. Подходы автомобильной дороги к пересечениям на протяжении 50 м следует проектировать с продоль­ным уклоном не более 30 %с.

ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДОРОГИ

Элементы плана и продольного профиля следует проектировать со взаимной увязкой между собой и с окружающим ландшафтом. К основным исходным данным для проектирования земляного полотна относятся: продольный профиль поверхности земли по оси дороги; рекомендуемые отметки высоты насыпи или глубины выемки hp; контрольные отметки, имеющие строго фиксированное высотное положение Як; наибольшие продольные уклоны проектной линии imax; расстояние видимости поверхности дороги и встречного автомобиля 5В; рекомендуемые радиусы кривых в плане и продольном профиле дороги Rp; наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профи­ле дороги Rmin Перечисленные параметры принимают после расчета и увязывают с техническими нормативами для проектирования дорог согласно СНиП 2.05.02-85 ’’Автомобильные дороги”.

Линия поверхности земли по оси дороги влияет на уклон проект­ной линии. В равнинной местности продольные уклоны незначитель­ные, поэтому автомобили развивают расчетную скорость, стоимость строительства земляного полотна минимальная. В пересеченной мест­ности чередуются подъемы с большими продольными уклонами и спуски. Изменение уклона существенно влияет на объемы земляных работ и стоимость дороги. Крутые подъемы на дороге уменьшают скорость движения автомобиля, ухудшают условия движения. Не­большие продольные уклоны в пересеченной местности значительно увеличивают стоимость дороги из-за чередующихся высоких насыпей и глубоких выемок.

Рекомендуемая отметка ftp - наименьшая высота насыпи, которая обеспечивает нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли обеспечивает быстрое просыхание земляного полотна в соответствую­щих климатических условиях. Климатические условия оказывают значительное влияние на интенсивность и количество осадков, режим поверхностных и грунтовых вод, водно-тепловой режим земляного полотна.

Значительное увлажнение грунтов в северных и некоторых цент­ральных районах СССР, наличие поверхностных и близкое расположе­ние грунтовых вод требуют устройства более высоких насыпей, чем в •южных районах СССР. Особое внимание при расчете рекомендуемой отметки уделяется возвышению земляного полотна, чтобы исключить заносы дороги во время метелей.

Контрольная отметка Нк — отметка, через которую должна пройти проектная линия дороги. Контрольные отметки могут быть строго фиксированными по высоте и определяемыми по расчету. Контроль­ные отметки, строго фиксированные по высоте, изменять нельзя, так как они относятся к существующим инженерным сооружениям, находящимся в эксплуатации. К ним относятся отметки: бровки земляного полотна населенного пункта, к которому примыкает проек­тируемая дорога; головок рельсов, пересекаемых в одном уровне железных дорог; оси пересекаемых в одном уровне автомобильных дорог. Данные контрольные отметки определяют при выполнении проектно-изыскательских работ.

Расчет других контрольных отметок выполняют в процессе проек­тирования автомобильной дороги. К ним относятся: минимальная отметка бровки земляного полотна над трубами; отметка проезжей части моста; возвышение земляного полотна над местами длительных застоев воды. Проектная линия не должна проходить ниже контроль­ной отметки, определяемой по расчету.

Для обеспечения плавности проектной линии и возможности в писания вертикальных кривых и создания видимости на некоторых участках дороги возникает необходимость увеличивать положение проектной контрольной отметки. Проектную линию проводят выше минимальной контрольной отметки, при этом высота насыпи увеличи­вается, что вызывает удорожание стоимости строительства дороги.

Для обеспечения безопасности и удобства движения по дороге с расчетной скоростью необходимо обеспечивать видимость дороги в плане и продольном профиле. Видимость обеспечивается устройством больших радиусов кривых в плане и вертикальных кривых в продоль­ном профиле. Радиусы выпуклых кривых определяют из условий обеспечения расчетной видимости поверхности дороги водителем автомобиля, радиусы вогнутых кривых - исходя из значения центро­бежной силы, действующей на пассажира и автомобиль.

Минимальные радиусы вертикальных кривых обеспечивают достаточную видимость дороги, однако частое чередование минималь­ных выпуклых и вогнутых кривых создает пилообразную проектную линию. Контроль за длинами вертикальных кривых осуществляют при нанесении проектной линии с учетом шага проектирования. Шаг проектирования представляет собой участок проектной линии, где должны поместиться две полуветви вертикальных выпуклых и вогну­тых кривых. Чаще всего этот способ применяют при проектировании минимальными радиусами вертикальных кривых на сложных участ­ках рельефа местности.

**Пример:**

Район проектирования и строительства автомобильной дороги относится ко ΙΙ дорожно-климатической зоне. При анализе условий проектирования используются показатели верхнего слоя грунта по ΙΙ и ΙΙΙ типу местности по увлажнению из таблицы (21[12]), средняя многолетняя высота снегового покрова, минимальная высота насыпи над трубами и у мостов. Расчет руководящих рабочих отметок производим по формулам из (стр.53-54[5]):

1). При Ι-ом типе местности по увлажнению:

(6.1)



где *hд.о*. – толщина дорожной одежды, равная 0,50 м, *В* – ширина проезжей части, равная 7,00 м, *lпр*. – поперечный уклон проезжей части, равный, из таблицы (7.[12]), 20‰.

2). При ΙΙ-ом типе местности по увлажнению:



(6.2)

где *hII* – наименьшее возвышение поверхности покрытия в пределах дорожно-климатической зоны, для верхнего слоя грунта, равный, для супеси пылеватой из таблицы (21[12]), 1,20 м.

3). При ΙΙΙ-ом типе местности по увлажнению:



(6.3)

где hII – наименьшее возвышение поверхности покрытия в пределах дорожно-климатической зоны, для верхнего слоя грунта, равный, для супеси пылеватой из таблицы (21[12]), 1,50 м.

4). Для снегового покрова:

(6.4)



где *hснег* – средняя многолетняя высота снегового покрова, равная 0,79 м, *hзап*. – запас над возвышением снегового покрове, равный, для III категории дороги, 1,00 м.

5). Для труб различных отверстий:





6). Для конструктивного моста, без расчета:

Нм *= 3,00м*

**5.2 Проектирование вертикальных кривых**

Вычисление отметок ломаной линии продольного профиля представлено в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Расчет отметок ломанной линии профиля

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ПК + | Уклон, тыс | Расстояние, м | Превышение ,м | Отмека, м |
| 0 | - | - |  | 185,5 |
| 1 | 0,018 | 100 | 1,8 | 183,7 |
| 2 | 0,018 | 100 | 1,8 | 181,9 |
| 3 | 0,018 | 100 | 1,8 | 180 |
| 4 | 0,022 | 100 | 2,2 | 177,8 |
| 5 | 0,022 | 100 | 2,2 | 175,6 |
| 6 | 0,022 | 100 | 2,2 | 173,4 |
| 7 | 0,014 | 100 | 1,4 | 172 |
| 8 | 0,014 | 100 | 1,4 | 170,6 |
| 9 | 0,014 | 100 | 1,4 | 169,2 |
| 10 | 0,014 | 100 | 1,4 | 167,8 |
| 11 | 0,014 | 100 | 1,4 | 166,4 |
| 12 | 0,014 | 100 | 1,4 | 165 |
| 13 | 0,014 | 100 | 1,4 | 163,6 |
| 14 | 0,05 | 100 | 5 | 158,6 |
| 15 | 0,05 | 100 | 5 | 153,6 |
| 16 | 0,05 | 100 | 5 | 148,6 |

Таблица 4.3 а – Расчет вертикальных кривых методом тангенсов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | ПК+ | R | К | Т | Б | Уклоны | | Н  ВВК | Н  НВК | Н  КВК |
| 1 | 2 |
| 1 | 13+00 | 10000 | 360 | 180 | 1,62 | 14 | 50 | 162,08 | 166,22 | 154,70 |
| 2 | 16+00 | 3000 | 129 | 64,5 | 0,69 | 50 | 7 | 149,19 | 151,93 | 148,09 |
| 3 | 19+00 | 10000 | 310 | 155 | 1,2 | 7 | 38 | 145,3 | 147,53 | 140,61 |
| 4 | 29+00 | 3000 | 108 | 54 | 0,49 | 47 | 11 | 104,49 | 106,54 | 103,41 |

Пересчет отметок ПК находящихся на вертикальной кривой

1) ПК 12+00, 14+00

Н12  = 165,10 – 0,32 = 164,78 м

0,32 м = 80м 2 / (2\*R),

где 80 м - расстояние от НВК до ПК 12+00, R – радиус вертикальной кривой,

165,10 – отметка ПК 12

Н14 = 158,7-0,32 = 158,38 м

2) ПК 18+00, 20+00

Н18 = 147,18-0,15 = 147,03 м

Н20 = 142,7-0,15 = 142,55 м

**5.3 Расчет точек нулевых работ**

Для установления границ выемки на ПК 6 … ПК 13 определены пикетажные положения точек пересечения проектной линий с поверхностью земли (точки с нулевыми отметками) по формуле:

Х = |Нрл|· L / (|Нрл| + |Нрп|),

где х - расстояние от левого пикета до точки с нулевой рабочей отметкой , м; L ‒ длина пикета, принятая равной 100 м; Нрл и Нрп – соответственно рабочие отметки левого и правого пикетов, м.

Расстояние х до первой точки с нулевой рабочей отметкой:

х 1 = |Н(ПК6)| · L / (|Н(ПК6)| + |Н(ПК7)| = 1 · 100 / ( 1 + 2,90) = 25,64м.

Пикетажное положение первой точки с нулевой рабочей отметкой:

L(01) = L(ПК6) + х1 = 600 + 25,64 = 625,64 м или ПК 6+25,64.

Расстояние х до второй точки с нулевой рабочей отметкой:

х 2 = |Н(ПК12)| · L / ( |Н(ПК12)| + |Н(ПК13)|) = 3,17 · 100 / ( 3,17 + 0,83) = 79,25 м.

Пикетажное положение второй точки с нулевой рабочей отметкой:

L(02) = L(ПК12) + х2 = 1200 + 79,25 = 1279,25 или ПК 12+79,25

**6 Проектирование поперечного профиля**

Вид, а точнее тип (типовой) поперечного профиля зависят в основном от рабочей отметки и местности. На рисунке 4 представлены основные типовые проекты поперечных профилей.





Рис.4 – Основные типовые поперечные профиля

**Пример:**

Анализ грунтового профиля показывает , что его верхняя часть сложена суглинками, поэтому для возведения земляного полотна в насыпях в качестве грунта принят суглинок. Участок трассы проходит в нестесненных условиях по неплодородным землям, поэтому возможно возведение насыпей из грунта боковых резервов. Рекомендация типовых проектных решений земляного полотна ( см. п. 1.4. настоящих указаний), учтены при назначении следующих типов поперечных профилей земляного полотна:

при высоте насыпи до 3-х метров применяется тип 1 с коэффициентом заложения внутреннего откоса 1:4 и внешнего откоса резерва 1:5 на участках ПК 0+00…ПК 3+00, ПК 34+00…ПК 40+93,09,

при высоте насыпи до 6-ти метров применяется тип 3 с коэффициентом заложения внутреннего откоса 1:1,5 на участках: ПК3+00…6+25,64, ПК 12+79,25 …… 16+00, ПК 19+00…30+00

на участке выемки глубиной до 5-х метров (ПК 6+25,24…ПК 12+79,25) применён тип 10.

на участке водопропускных труб применен 4 тип (ПК 16+00…ПК 19+00, ПК 30+00…34+00)

В связи с тем, что косогорность на участке трассы незначительна ( менее 1:10), типы поперечных профилей земляного полотна слева и справа от оси дороги приняты одинаковыми.

**Расчёт поперечного профиля земляного полотна на ПК 38+00**

**Исходные данные для проектирования**

В связи с тем, что выбор типа поперечного сечения земляного полотна зависит от косогорности местности в поперечном к трассе направлении, предварительно необходимо провести её оценку.

Расстояние между горизонталями ПК 30+00 в поперечном к трассе направлении составляет L = 330 м в масштабе плана трассы ( см. прил. А). Сечение горизонталей для плана трассы d · h =2,5 м.

Тогда поперечный уклон местности равен:

Im= d · h /L = 2,5/ 330 = 0,007 или 7‰

Коэффициент заложения поперечного уклона местности равен:

M= 1/im = 1/0,007 = 142

Так как коэффициент заложения поперечного уклона местности более 10, косогорность местности при выборе типа поперечного профиля земляного полотна не учитывается.

Для расчёта геометрических параметров поперечного профиля земляного полотна на ПК 38+00 ( см. табл. 4,3 и прил. Б) приняты следующие исходные данные:

• тип поперечного профиля земляного полотна ‒ 1;

• грунт земляного полотна ‒ суглинок;

• коэффициент заложения внутреннего откоса ‒m = 4;

•коэффициент заложения внешнего откоса резерва ‒ n = 4;

• проектная отметка по оси дороги ‒ Ноп = 97,30м;

• отметка поверхности земли по оси трассы ‒ Нпз = 96,59 м

• рабочая отметка ‒ 1,11;

• ширина проезжей части ‒ В = 7,00 м;

• ширина обочины ‒ с = 2,50 м;

• ширина укрепленной полосы обочины ‒ 0,50 м;

• поперечный уклон проезжей части ‒ iпч = 20‰;

• поперечный уклон обочины ‒ iоб = 40‰;

• поперечный уклон поверхности земляного полотна ‒ iзп = 30‰;

• поперечный уклон дна резерва ‒iр = 20‰;

• толщина дорожного одежды (см. п.1.3.1) ‒hдо = 0,60 м;

• толщина растительного слоя ( по заданию) ‒ hрс = 0,20м;

Возведение насыпи производится из боковых резервов, глубина которых назначена

h= 1,4 м, что меньше допустимой величины, равной 1,5 м по типовому проектному решению для типа 1. Предусматривается рекультивация дна резервов, внутренних и внешних откосов слоем растительного грунта, поэтому граница полосы постоянного отвода земли принята на расстоянии 1,0 м от низа внутреннего откоса.

**Определение геометрических параметров поперечного**

**профиля земляного полотна.**

Технологически покрытие проезжей части и укрепительной полосы обочины устраивается совместно, поэтому поперечные уклоны проезжей части и укрепительной полосы приняты одинаковыми и рваными iпч.

Отметка по кромке укрепительной полосы равна:

Нкрп = Ноп ‒ iпч · [( В / 2) + Lк] = 97,7 ‒ 0,020 · [( 7,00/2) + 0,50] =97,62 м.

Отметка бровки обочины:

Ноб = Нкрп ‒ iоб · ( с ‒Lк ) = 97,22 ‒ 0,040 · ( 2,50 ‒ 0,50) = 97,50 м.

Отметка земляного полотна по оси дороги:

Ноз = Ноп ‒ hдо = 97,7 ‒ 0,60 = 97,10м.

Отметки бровки Нбз и величина уширения d земляного полотна определяются из совместного решения двух уравнений: вычисление отметки Нбз по внутреннему откосу от отметки бровки обочины Ноб и вычисление отметки Нбз от отметки земляного полотна на оси дороги Ноз по уклону поверхности земляного полотна iзп.

Величина уширения земляного полотна:

d = [ Ноб ‒ Ноз + iзп · ( с + В /2)] / [ ( 1/m) ‒iзп] = [97,50 ‒ 97,10 + 0,030 · ( 2,50 + 7,00/2)]/[(1/4) ‒ 0,030] = 2,63 м.

Ширина земляного полотна поверху:

Lзп = В + 2 · ( с + d ) = 7,00 + 2 · (2,50 + 2,63) = 17,26 м.

Отметки бровки земляного полотна:

Нбз = Ноз ‒ iзп · ( d + Lзп/2) = 97,10 ‒ 0,030 · (17,26/2) = 96,84м.

Ширина земляного полотна понизу:

Lзпн = Lзп + 2 · m ·( Нбз ‒Нпз) = 17,26 + 2 · 4 ·( 96,84 ‒ 96,59) = 19,26 м.

**Расчёт геометрических размеров резерва**

При возведении насыпи из двухсторонних резервов необходимо, чтобы половина площади земляного полотна насыпи равнялась площади бокового резерва. При этом надо учитывать, что снимается растительный слой грунта для целей последующей рекультивации.

Площадь половины земляного полотна с учётом снятия растительного слоя:

Fн = {[( Нбз ‒ Нпз) + ( Ноз ‒ Нпз)] /2} ·( Lзп/2) + hрс · Lзпн · 0,5 + 0,5 · m( Нбз ‒ Нпз)² = {[( 96,84 ‒96,59) + (97,1 ‒ 96,59)] /2} · (17,26 /2) + 0,20 · 19,26 · 0,5 + 0,5 · 4 · (96,84 ‒ 96,59)² = 19,56 м²

Отметка дня резерва у внутреннего откоса насыпи:

Ндк = Нпз ‒ hр = 96,59 ‒ 1,40 = 95,19 м.

Из равенства площадь резерва за вычетом слоя снимаемого растительного грунт и площади половины насыпи земляного полотна fн определяется расчётная ширина резерва по дну:

Lрн = fн/( hр ‒ hрс ) ‒ (hк ‒ hрс) · (m + n) · 0,5 =19,56 /(1,40 ‒ 0,20 )-(1,4-0,2) · ( 4 + 4 )/2 = 11,23 м.

Отметка дна резерва у внешнего откоса:

Ндкв = Ндк ‒ Lрн · iр = 95,19 ‒ 11,23 · 0,020 = 94,96 м.

Ширина резерва поверху:

Lрв = hк · ( м + n) + Lрн = 1,40 · (4 +4 ) + 11,23 = 22,43 м.

Заложение внешнего откоса:

Lок = hк · n = 1,40 · 4 = 5,60 м.

**Определение ширины полосы отвода.**

Горизонтальное приложение внутреннего откоса насыпи:

Lот = ( Н0б ‒ Ндк) · m = 97,5 ‒ 95,19 ) · 4 = 9,24 м.

Горизонтальное проложение внешнего откоса:

Lок = hк · n = 1,40 4= 5,60 м.

Ширина полосы постоянного отвода земли:

Lпо = В + 2 · ( с + Lот + 1,00 )= 7,00 + 2 · ( 2,50 + 9,24 + 1,00) = 32,48 м.

Ширина полос временного отвода земли с каждой стороны от границы полосы постоянного отвода:

Lво = Lрн + hp · n + 1,00 = 19,36 + 1,40 · 4 + 1,00 = 25,96 м.

**Расчёт площадей поперечного сечения.**

Площадь снимаемого слоя растительного грунта:

Fсн = ( 2 · Lрв + Lзпн) · hрс = ( 2 · 17,26 + 19,26) · 0,2 = 10,76 м²

Площадь насыпи земляного полотна:

Fн = 2 · fн = 2 · 19,56 = 39,12 м²

Площадь выемки (резервов)

Fв = 2 · fн = 2 · 19,56 = 39,12 м²

**7 Проектирование и расчет дорожной одежды**

Конструкцию дорожной одежды и вид покрытия принимают исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги. При этом учитывают нагрузку на дорожную одежду и состав движения, интенсивность транспортных средств, климатические и грунтово-гидрологические условия.

Тип покрытия обосновывают технико-экономическими расчетами. Согласно СНиП 2.05.02-85 все дорожные одежды классифицируют на четыре основных типа (табл. 6.1).

Дорожные одежды по способности воспринимать растягивающие напряжения и накапливать пластические деформации, возникающие от действия нагрузок и температурных изменений, подразделяют на жесткие и нежесткие.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Типы дорожных одежд | Основные виды покрытий | Категория дорог |
| Капитальные | Цементобетонные монолитные  Железобетонные сборные  Асфальтобетонные | ­  I-IV |
| Облегченные | Асфальтобетонные  Дегтебетонные  Из щебня, гравия и песка, обработанные вяжущими | III.IV  IV и V |
| Переходные | Щебеночные и гравийные из грунтов местных мало прочных каменных материалов, обработанные вяжущими | IV и V |
| Низшие | Из грунтов, укрепленных и улучшенных добавками | V |

Таблица – Классификация дорожных одежд

**Пример:**

1. Определение расчетных характеристик автомобильной нагрузки и требуемого модуля упругости дорожной одежды.

1.1. Определение перспективной интенсивности движения и определение категории автомобильной дороги.

Расчетная перспективная интенсивность движения определяется по формуле:

(авт/сут) (1.1)

где N20– перспективная интенсивность движения через Tc лет, авт/сут;

No – интенсивность движения в исходном году, 700 авт/сут;

qN – коэффициент прироста интенсивности 1.03;

Tc – срок службы (период перспективы прогноза), 20 лет.

Согласно СНиП 2.05.02-85 данная автомобильная дорога относится к 3 технической категории.

Назначение параметров для оценки надежности проектных решений.

На основании рекомендаций [1] назначим тип покрытия дорожной одежды – капитальный тип с усовершенствованным покрытием.

При проектировании дорожной одежды следует руководствоваться следующими нормами оценки проектной надежности:

1. Уровень проектной надежности (заданная надежность Кн), назначается по заданию 0,98
2. Требуемый коэффициент прочности Кпртр по критерию: упругого прогиба, определяем по таблице 3.1 [1] , Кпртр =1.29
3. Требуемый коэффициент прочности Кпртр по критерию: сдвига и растяжения при изгибе, определяем по таблице 3.1 [1] , Кпртр =1.10

**Назначение параметров расчетной нагрузки**.

В качестве расчетной схемы нагружения конструкции колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп диаметром D, передающий равномерно распределенную нагрузку величиной p.

Величины расчетного удельного давления колеса покрытия р и расчетного диаметра D приведенного к кругу отпечатка расчетного колеса на поверхность покрытия назначают с учетом параметров расчетных типов автомобилей.

В качестве расчетного типа используют наиболее тяжелый автомобиль из систематически обращающихся по дороге, доля которых составляет не менее 10% (с учетом перспективы изменения состава движения к концу межремонтного срока)

При проектировании дорожных одежд в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля, за расчетный автомобиль принимаем КамаЗ 5320

Параметры расчетной нагрузки:

Статическая нагрузка на ось, 100 кН

Нагрузка на колесо автомобиля неподвижного, 50 кН

Нагрузка на колесо автомобиля движущегося, 65 кН

Удельное давление на покрытие, 0.60 МПа

Расчетный диаметр следа колеса неподвижного автомобиля, 33 см

Расчетный диаметр следа колеса движущегося автомобиля, 37 см

**Определение расчетной приведенной интенсивности движения**

Величина Np приведенной интенсивности на последний год срока службы определяют по формуле:

 (ед/сут) (1.3)

где fпол – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяем по таблице 3.2 [1], равен 0.55;

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока, равно 3;

Nm – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m-й марки;

Sm сум – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m-й марки к расчетной нагрузке Qрасч, определяемый по формуле 1.4

qN – коэффициент прироста интенсивности, равен 1.03;

Tcл – расчетный срок службы дорожной одежды, определяем по таблице П.6.2 приложение 6 [1], равен 15 лет.

Значение суммарного коэффициента приведения определяют по формуле:

 (1.4)

где n – число осей у данного транспортного средства, для приведения которого к расчетной нагрузке определяется коэффициент Sm сум;

Sn – коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от колеса каждой из n осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке:

Коэффициент приведения нагрузок Sn определяют по формуле:

 (1.5)

где Qдп – номинальная динамическая нагрузка от колеса на покрытие;

Qдрасч – расчетная динамическая нагрузка от колеса на покрытие;

β - показатель степени, принимаем равным 4.4 для капитального типа дорожной одежды:

Номинальная динамическая нагрузка Qдп определяется по паспортным данным на транспортное средство с учетом распределения статических нагрузок на каждую ось:

 (1.6)

где Kдин – динамический коэффициент, принимаемый равным 1.3;

Qп – номинальная статическая нагрузка на колесо данной оси.

Определение суммарного коэффициента приведения произведем в табличной форме

Таблица – Определение 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка автомо -биля | Нагрузка, кН от неподвиж –ного автомобиля на колесо, Qn | | Нагрузка, кН от движущего-ся автомобиля на колесо, Qn\*1.3 | | Коэффициент приведения к расчетной динамической нагрузке Qдрасч кН на колесо,Sn | | Коэффициент приведения к расчетной нагрузке Qрасч кН на колесо, Sm сум | Интенсивность движения на полосе, Nm , авт/сут. | Приведен -ное число воздейст -вий от четной нагрузки по полосе, NmSm сум, сут |
| перед -нее | заднее | перед -нее | заднее | перед -нее | заднее | суммарный |
| Автомобили: | | | | | | | | | |
| Урал 4320 | 21,8 | 22,7 | 28,3 | 29,5 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 135 | 9 |
| Камаз 5320 | 21,9 | 27,3 | 28,5 | 35,5 | 0.03 | 0,06 | 0,09 | 135 | 13 |
| Зил 130 | 12,9 | 34,8 | 16,7 | 45,2 | 0,01 | 0,2 | 0,12 | 248 | 30 |
| Итого: воздействий расчетной нагрузки в сутки | | | | | | | |  | 52 |

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяют по формуле 3.7 [1]:

 (авт) (1.8)

где Np – приведенная интенсивность на последний год срока службы, равна 52 авт/сут;

Tрдг – расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции определяем по таблице П.6.1 приложения 6 [1], ровное 140 дней;

kn – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, определяется по таблице 3.3 [1], равен 1.38;

Kc – коэффициент суммирования определяется по таблице П.6.3 приложению 6 [1], равен 18

1.5 Определение требуемого модуля упругости.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле 3.10 [1]:

 (МПа) (1.9)

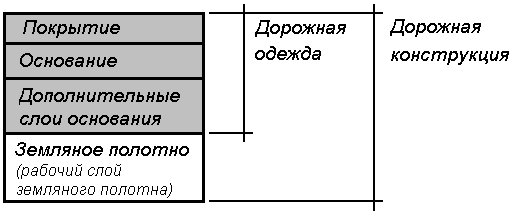
где ΣNp – суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды, устанавливаемое в соответствии с пунктом 1.4, равное 91734 авт.

с – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3.55;

Независимо от результата, полученного по формуле (1.9), требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в таблице 3.4 [1]   
Етр = 200 МПа.

Для разработки проектных решений принят модуль упругости  
Еmin = 200 МПа.

Рисунок 1 – Элементы дорожной конструкции.



**Конструирование нежесткой дорожной одежды.**

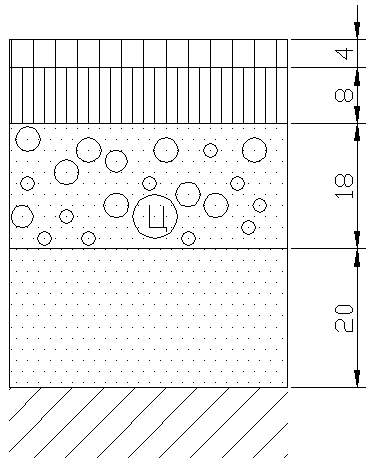
Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

Основание – часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции.

Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слой основания. Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой.

Дополнительные слой основания – слой между несущем основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые при наличии неблагоприятных погодно-климатических и грунтово-геологических условий.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) – верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до 2/3 глубины промерзания,



**Верхний слой покрытия** – плотный асфальтобетон из горячей (теплой) мелкозернистой щебеночной смеси типа А, II марки ГОСТ 9128 - 84

**Верхний слой основания** – высокопористый асфальтобетон из горячей щебеночной (гравийной) мелкозернистой смеси II марки ГОСТ 9128 - 84

**Нижний слой основания** – природная ПГС укрепленная малоактивной золошлаковой смесью (золой) в количестве 14-20 % в сочетании с 8-10 % портландцемента М-40 (смесь – 1)

**Грунт земляного полотна** – песок пылеватый

**Дополнительный слой** – песок средней крупности

Рисунок 2 *-* Деталь конструкции дорожной одежды

но не менее 1.5 м от поверхности покрытия.

**Расчет толщины дополнительного слоя основания.**

**Расчет толщины дополнительного слоя основания на осушение.**

Полную толщину дренирующего слоя определяется по формуле 5.1 [1]:

(м) (3.1)

где hнас – толщина слоя, полностью насыщенного водой, равна 0.26 м;

hзап – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала и равна для песков средней крупности 0.14 – 0.15 м, принимаем hзап = 0.15 м.

Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения величину hнас устанавливают с помощью номограмм рис. 5.1 и 5.2 [1] в зависимости от длины пути фильтрации L и расчетной величины притока воды в дренирующий слой на 1м2 qp, определяемой по формуле 5.2 [1]:

(м3/м2) (3.2)

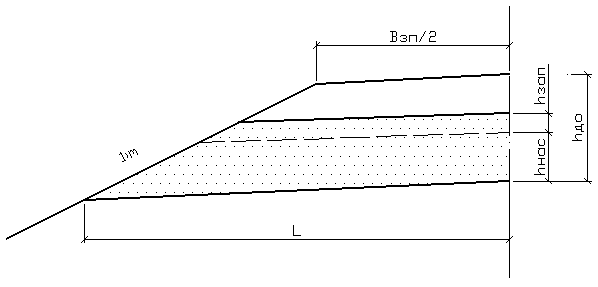
где q – осредненное (табличное) значение притока воды в дренирующий слой при традиционной конструкции дорожной одежды, отнесенное к 1 м2 проезжей части, м3/м2 , определяем по таблице 5.3 [1], равное 3.5 л/(м2сут);

Kn – коэффициент ”пик”, учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков определяется по таблице 5.4 [1], для пылеватых грунтов во I дорожно-климатической зоны и 1-й схеме увлажнения, равен 1.5;

Kг – коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги определяется по таблице 5.4 [1], для пылеватых грунтов во I дорожно-климатической зоны и 1-й схеме увлажнения, равен 1.0;

Kвог – коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона, определяемый при одинаковом направлении участков профиля у перелома по номограмме рис 5.3 [1], равен 1.0;

Kp – коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима определяется Рисунок 3 *–* Схема к расчету толщины дренирующего слоя.



по таблице 5.5 [1], равен1.0.

Уклон земляного полотна для обеспечения осушения земляного полотна примем 40‰.

Приток воды на 1 пог.м. дороги при двухскатном профиле земляного полотна определяем по формуле :

 (3.3)

Длина пути фильтрации определяется по формуле:

 (м) (3.4)

где Взп – ширина земляного полотна, для дороги III категории равна 12.0м;

hдо – предварительно назначенная толщина дорожной одежды,  
равна 0.5 м;

m – коэффициент заложения откосов земляного полотна, принимаем 1:4.

Kf – коэффициент фильтрации песка назначим для песка средней крупности равным 3.5 м/сут.

 (3.5)

 (3.6)

 (м) (3.7)

где а – величина определенная по рисунку 5.1 [1], равна 0.117

Во всех случаях согласно п. 5.11 [1] полную толщину дренирующего слоя следует принимать не менее 0.20 м.

Окончательно толщина дренирующего слоя принята из условия осушения hп = 0.41 м.

**Расчет толщины дренирующего слоя из условия поглощения воды.**

Полная толщина дренирующего слоя (в метрах), работающего по принципу осушения с периодом запаздывания отвода воды, достаточную для временного размещения в его порах поступающей в конструкцию в начальный период ее оттаивания воды, определяется по формуле 5.4 [1]:

 (м) (3.8)

где qp – расчетное значение воды, поступающей за сутки, равное   
0,005775 м3/м2;

Tзап – средняя продолжительность запаздывания начала работы водоотводящих устройств, принимаемая для I дорожно-климатической зоны равной 4 – 6 сут, принимаем 6 сут;

n – пористость материала, в долях единицы, для песка средней крупности равна 0.36

ϕзим – коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания определяем по таблице 5.6 [1], равен 0.4;

hзап – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала и равна для песков средней крупности 0.14 – 0.15 м, принимаем hзап = 0.15 м.

Вывод: расчетную толщину дренирующего слоя назначаем из условия осушения, равной 41 см.

4. Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость.

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие



где lпуч – расчетное (ожидаемое)пучение грунта земляного полотна;

lдоп – допускаемое для данной конструкции пучение грунта определяется по таблице 4.3 [1], для капитального типа дорожной одежды с асфальтобетонным покрытие, равна 4 см.

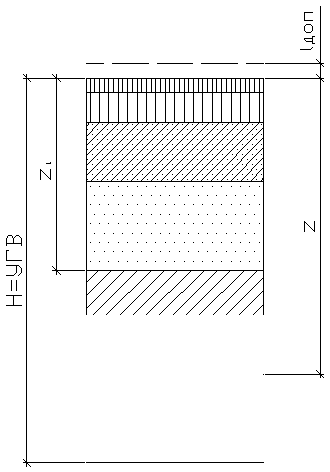


Рис 4 – Схема к расчету морозозащитного слоя.

Для расчета конструкции на морозоустойчивость при z/Н≤1.0 при определении по номограмме рисунок 4.2 [2] ожидаемого пучения lпуч нужны значения следующих параметров:

z – расчетная глубина промерзания, равна 161 см;

z1.0 – толщина стабильных слоев дорожной одежды, в том числе и дополнительного морозозащитного слоя, равна 71 см;

Н – расчетная глубина залегания уровня грунтовых вод (УГВ), равна 244см;

В – комплексная характеристика грунта по степени пучинистости, определяется по таблице 4.2 [2],для песка пылеватого принимаем 4.0 см2/сут;

 - климатический показатель, см2/сут.

При использовании данных непосредственных измерений глубины промерзания величина  вычисляется по формуле 4.2 [2]:

 (см2/сут) (4.1)

где  - средняя многолетняя глубина промерзания по данным измерения, равная 161 см;

z1.0 – толщина дорожной одежды на объекте измерения, см;

Тз – средняя многолетняя продолжительность промерзания грунта земляного полотна, равна 180 сут.

 (4.2)

 (4.3)

(см) (4.4)

Морозоустойчивость дорожной одежды будет обеспечена при толщине стабильных слоев дорожной одежды равной 71 см.

Вывод: окончательную толщину дорожной одежды для последующего расчета принимаем 87 см, с толщиной дополнительного слоя основания (песок средней крупности) 57 см.

**Определение расчетных характеристик материалов конструктивных слоев и земляного полотна.**

**Назначение расчетных характеристик грунта земляного полотна.**

Определение расчетной влажности грунта рабочего слоя.

Для обеспечения отвода поверхностных вод от грунта земляного полотна предусматриваем укрепление обочин на 2/3 ее ширины асфальтобетонном.

Расчетную влажность дисперсного грунта Wp (в долях от влажности на границе текучести Wm) при суммарной толщине слоев дорожной одежды Z1≥0.75 м определяют по формуле:

 (5.1)

где  – среднее многолетнее значение относительной (в долях от границы текучести) влажности грунта, наблюдавшейся в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, определяемое по таблице П.2.1 приложения 2 [1] в зависимости от дорожно-климатической зоны и подзоны, схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта, равна 0.57

 – поправка на особенности рельефа территории, устанавливаемая то таблице П.2.2 приложения 2 [1], равна 0,03;

 – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин, устанавливаемая по таблице П.2.3 приложения 2,(укрепление обочин на 2/3 их ширины асфальтобетоном) рана 0.05;

Δ3 – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды, устанавливаемая по графику рис. П.2.1 приложения 2 [1], равна 0.00;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемы в зависимости от требуемого уровня надежности по таблице П.4.2 Приложения 4 [1], равен 2.19

Расчетные характеристики Е,φ,с грунта земляного полотна определяем по таблицам П.2.4, П.2.5, П2.6 приложения 2 [1] методом линейной интерполяции.

Модуль упругости Егр = 76 МПа

Угол внутреннего трения φгр = 17 град.

Сцепление сгр = 0,07 МПа

Расчетные характеристики дополнительного слоя основания.

Расчетные характеристики Е,φ,с дополнительного слоя основания определяем по таблицам П.2.4, П.2.5, П2.6 приложения 2 [1] методом линейной интерполяции.

Модуль упругости Е = 120 МПа

Угол внутреннего трения φ = 18 град.

Сцепление с = 0.07 Мпа

Расчетные характеристики материалов основания дорожной одежды

Характеристики материала нижнего слоя основания (природная ПГС укрепленная малоактивной золошлаковой смесью (золой) в количестве 14-20 % в сочетании с 8-10 % портландцемента М-40 (смесь – 1)

Расчетные характеристики материала определяем по типовому проекту:

Модуль упругости Е = 650 МПа

Сопротивление растяжению Ro = 0.42 МПа

Характеристики материала верхнего слоя основания (высокопористый асфальтобетон из горячей щебеночной (гравийной) мелкозернистой смеси II марки ГОСТ 9128 – 84)

Модуль упругости при расчете по допускаемому упругому прогибу (Еу) определяем по таблице П.3.2 приложения 3 [1] при расчетной температуре +10оС.

Назначаем марку битума применяемого в асфальтобетоне БНД - 90/130.

Еу = 1400 МПа

Модуль упругости при расчете по условию сдвигоустойчивости (Ес) определяем по таблице П.3.2 приложения 3 [1] при расчетной температуре +20оС, назначаемой по таблице 3.5 [1] в зависимости от дорожно-климатической зоны.

Ес = 800 МПа

Модуль упругости при расчете на растяжение при изгибе (Ер) определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

Ер = 1700 МПа

Нормативное значение сопротивления растяжению при изгибе (Rо) определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

Rо = 5.5 МПа

Показатели m и α определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

m = 3.8

α = 6.5

Расчетные характеристики материалов покрытия дорожной одежды.

Характеристики материала верхнего слоя покрытия (плотный асфальтобетон из горячей (теплой) мелкозернистой щебеночной смеси типа А, II марки ГОСТ 9128 – 84)

Модуль упругости при расчете по допускаемому упругому прогибу (Еу) определяем по таблице П.3.2 приложения 3 [1] при расчетной температуре +10оС.

Назначаем марку битума применяемого в асфальтобетоне БНД - 90/130.

Еу = 2400 МПа

Модуль упругости при расчете по условию сдвигоустойчивости (Ес) определяем по таблице П.3.2 приложения 3 [1] при расчетной температуре +20оС.

Ес = 1200 МПа

Модуль упругости при расчете на растяжение при изгибе (Ер) определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

Ер = 3600 МПа

Нормативное значение сопротивления растяжению при изгибе (Rо) определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

Rо = 9.5 МПа

Показатели m и α определяем по таблице П.3.1 приложения 3 [1].

m = 5.0

α = 5.4

Таблица 2 – Сводная ведомость расчетных характеристик материалов дорожной одежды.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  слоя | Наименование материала | h  слоя, см | Расчет по доп. упруг. прогибу, Еу, МПа | Расчет по условию сдвигоустоичивости | | | Расчет на растяжение при изгибе | | | |
| Ес, МПа | φ, град | с, МПа | Ер, МПа | Ro, МПа | α | m |
| 1 | Плотный асфальтобетон на БНД-90/130 | 4 | 2400 | 1200 | - | - | 3600 | 9.5 | 5.4 | 5.0 |
| 2 | Высокопористый асфальтобетон на БНД-90/130 | 8 | 1400 | 800 | - | - | 1700 | 5.5 | 6.5 | 3.8 |
| 3 | ПГС укрепленная золой и портландцементом | 18 | 650 | 650 | - | - | 650 | - | - | - |
| 4 | Песок средней крупности | 57 | 120 | 120 | 17 | 0.07 | 120 | - | - | - |
| 5 | Пылеватый песок | - | 76 | 76 | 17 | 0.07 | 76 | - | - | - |

**Проверочный расчет дорожной одежды по упругому прогибу.**

Расчетная схема.

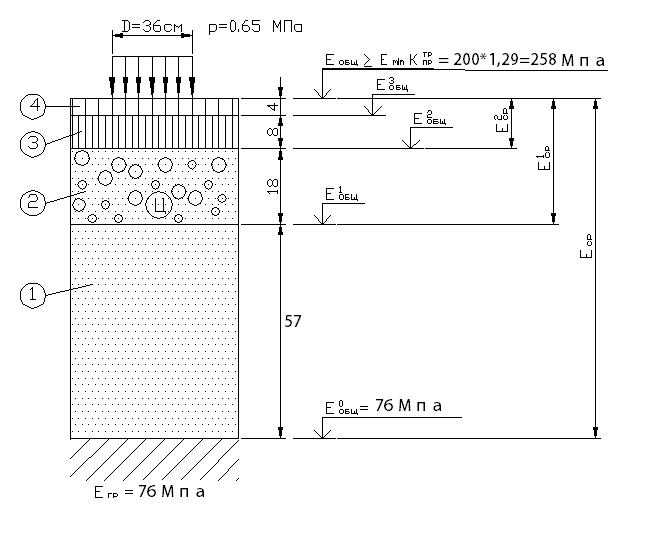
**

Рисунок 5 *–* Расчетная схема конструкции дорожной одежды.

Расчет дорожной одежды по схеме снизу вверх.

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

 МПа

где Еобщ – общий расчетный модуль упругости конструкции. МПа;

Еmin – минимально требуемый общий модуль упругости конструкции, равен 200 МПа;

 - требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, равен 1.29.

Таблица 3 – Расчет дорожной одежды по упругому прогибу.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № слоя |  |  |  |  |
|  | Условия прочности  МПа | | | МПа |
| 4 |  |  | МПа |  |
| 3 |  | МПа |  |  |
| 2 | МПа |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |
|  | МПа |  |  |  |

 МПа МПа

Коэффициент прочности по упругому прогибу:



**Расчет дорожной одежды на сдвигающие напряжения.**

Расчет сдвигающих напряжений в грунте земляного полотна.

Условия прочности при расчете на сдвигающие напряжения:



где  - требуемое минимальное значение коэффициента прочности по критерию сдвига, равен 1.10;

Т – расчетное активное напряжение сдвига в расчетной точке конструкции от действующей временной нагрузки;

Тпр – предельная величина активного напряжения сдвига, превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

При расчете дорожной конструкции на прочность по сдвигоустойчивости грунта земляного полотна в качестве нижнего слоя принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего – всю дорожную одежду. Толщину верхнего слоя hв принимают равной сумме толщин слоев одежды:

 (см) (7.1)

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют ка средневзвешенный по формуле 3.12 [1]:

 (МПа) (7.2)

где n – число слоев дорожной одежды, равное 4

Ei – модуль упругости i-го слоя из условия сдвигоустойчивочти, МПа

hi – толщина i-го слоя, см





Действующее в грунте активное напряжение сдвига вычисляют по формуле 3.13 [1]:

 (МПа) (7.3)

где - удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограммы рисунок 3.3 [1], равно 0.023

p – расчетное давление от колеса на покрытие, равно 0.65 МПа

Предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя определяем по формуле 3.14 [1]:

 (МПа) (7.4)

 - сцепление в грунте – земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое) , МПа , принимаемое с учетом повторности нагрузки (Прил 2, т П.2.6 или П 2.8) (0,07 Мпа)

 – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания ( для песка средней крупности равен 4,0)

 - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см3 (0,002 кг/см3 )

 - глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, см (87 см)

 - расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки ( 170 )

 (кг/см3) (7.5)

Условия сдвигоустойчивости



0,28 МПа > 0,015\*1,1=0,016 МПА

**Заключение**

Студентами приобретен опыт проектирования трассы автомобильной дороги в различных условиях рельефа и ситуации. Развиты навыки использования нормативной технической литературы и специализированных учебников.

В результате освоения МУ, учащийся может без помощи преподавателя, выполнять решения профессиональных задач и добиваться поставленных целей.

**Список использованных источников**

1. СП 34.13330.2012 . Автомобильные дороги. –М.: Госстрой РФ. ЦИТП Госстроя РФ, 2013. - 110 с..
2. ГОСТ 21.101-97. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документаций . –М…ГП ЦНС Госстроя России, 1998.- 41 с.
3. ГОСТ Р 21.1701-97. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М ГПЦНС Госстроя России. 1997.- 31 с.
4. ГОСТ Р 21. 1207-07СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог – М ГУП ЦПП Госстроя России. 1997.-26 с.
5. Расчёт элементов круговых кривых / Сост. Ю. С. Глибовицкий, В.В. Лопавшук. –Хабаровск: Хабар.политехн. ин-т, 1986. -20с.
6. Красильщиков И. М., Елизаров Л. В. Проектирование автомобильных дорог –М .; Транспорт, 1986. –215 с.
7. Определение характеристик водосборного бассейна и расчетного расхода стока: Методи-ческое указание к практическим занятиям и дипломному проекту малых дорожных водопропускных сооружений для студентов специальности 291000 «Автомобильные дороги и аэродромы» всех форм обучения /Сост. В. П. Горбачев, Л. В. Кормилицына. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2003. – 35с.
8. Справочник инженера-дорожника. Изыскание и проектирование автомобильных дорог. Изд.3-е, перераб. и доп. Под ред. О. В. Андреева. М., «Транспорт», 1997 559с. Авт: О. В. Андреев, Е. Н. Гарманов, Т. Н. Глаголева, М. А. Григорьев, В. П. Залуга, К. А. Казанский, М. С. Коганзон, С. В. Коновалов, Е. В. Крутецкий, Ю. С. Крылов, М. Л. Соколов, В. И. Федоров, В. А. Федоров, Г. И. Шейнис, Ю. М. Яковлев.
9. Проектирование и гидравлический расчет типовых водопропускных труб. Методическое указание для студентов специальности 291000 «Автомобильные дороги и аэродромы» всех форм обучения. 2006.–20с.
10. Гидрологические и гидравлические расчеты малых дорожных сооружений. Большиков В. А., Курганович А. А..– К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983.– 280 с.