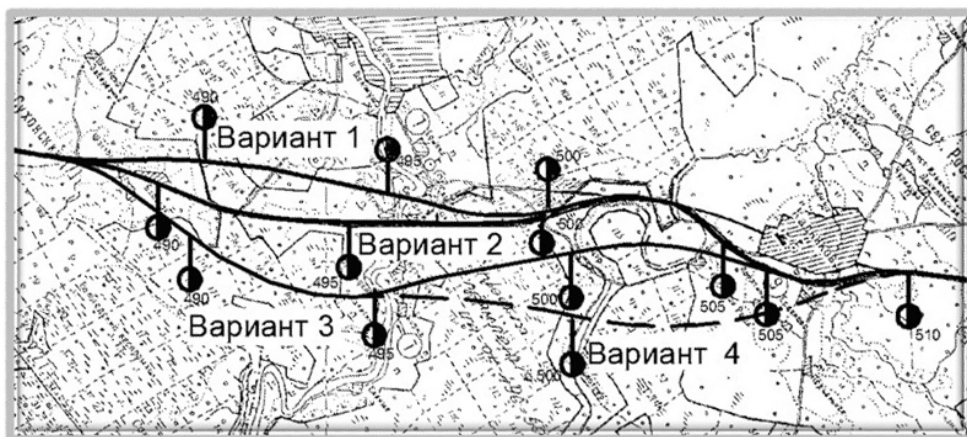


И.А. Рахимова

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие



Вологда
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации

Вологодский государственный университет

И.А. Рахимова

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ
в качестве учебного пособия*

Вологда
2014

УДК 625.721
ББК 39.311я73
Р 13

Рецензенты:

В.Н. Лукашевич, д-р техн. наук, профессор кафедры
«Автомобильные дороги»

Томского государственного архитектурно-строительного университета

В.А. Лукина, канд. техн. наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги»
Северного (Арктического) федерального университета

Р13 Рахимова, И.А.

Основы проектирования автомобильных дорог: учебное пособие /
И.А. Рахимова. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 121 с.

ISBN 978-5-87851-534-4

Учебное пособие включает теоретические основы, методические рекомендации, справочные материалы, примеры расчетов и образцы оформления чертежей для выполнения первого учебного проекта по основам проектирования участка автомобильной дороги. Представлены материалы по техническим требованиям к современным автомобильным дорогам, рассмотрены вопросы трассирования дорог, разработки продольного и поперечных профилей, проектирования отгонов виражей, расчетов объемов работ.

Учебное пособие адресовано студентам направления «Строительство» профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы» и студентам специальности «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», оно также будет полезно инженерно-техническим работникам дорожной отрасли.

УДК 625.721
ББК 39.311я73

ISBN 978-5-87851-534-4

© ВоГУ, 2014
© И.А. Рахимова, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	6
1.1. Функциональная классификация автомобильных дорог	6
1.2. Основные элементы автомобильных дорог	9
1.3. Интенсивность движения и техническая категория автомобильной дороги	14
2. ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	16
2.1. Виды и состав проектной документации	17
2.2. Требования к учебному проекту по основам проектирования автомобильной дороги	18
3. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	20
4. ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	25
4.1. Принципы назначения и величина норм	25
4.2. Расчет технических норм проектирования	30
4.2.1. Определение максимального продольного уклона	30
4.2.2. Определение расчетного расстояния видимости	30
4.2.3. Определение радиусов вертикальных кривых	32
4.2.4. Определение радиусов кривых в плане	32
4.3. Оформление раздела «Технические нормы проектирования» в курсовом проекте	33
5. ПЛАН ТРАССЫ	34
5.1. Элементы плана трассы автомобильной дороги	35
5.2. Требования к трассе автомобильной дороги	40
5.3. Трассирование автомобильной дороги. Заполнение «Ведомости углов поворотов, прямых, кривых»	43
5.4. Разбивка пикетажа трассы на карте	47
5.5. Описание варианта плана трассы автомобильной дороги	47
5.6. Определение величины неправильного пикета	48
5.7. Сравнение вариантов трассы	49
5.8. Оформление чертежа плана трассы	51
5.9. Последовательность выполнения раздела «План трассы» в курсовом проекте	51
6. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ	53
6.1. Общие положения	53
6.2. Подготовка листа продольного профиля к работе. Расчет размера листа чертежа	53
6.3. Нанесение элементов плана трассы на продольный профиль	55
6.4. Определение отметок поверхности земли. Вычерчивание черной линии продольного профиля и геологического разреза	57
6.5. Определение контрольных и руководящих отметок проектной линии продольного профиля	63
6.6. Проектная линия продольного профиля	70
6.7. Нанесение проектной линии методом тангенсов	72
6.8. Нанесение проектной линии методом инженера Антонова	76
6.9. Точки нулевых работ	80

6.10. Поверхностный дорожный водоотвод	82
6.11. Последовательность выполнения раздела «Продольный профиль» в курсовом проекте	84
7. Земляное полотно	86
7.1. Общие требования к проектированию	86
7.2. Типы поперечных профилей	88
7.3. Вирази и отгоны виражей	91
7.4. Определение объемов земляных работ	95
8. ТЕСТ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	103
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Расчет перспективной приведенной интенсивности движения и обоснование технической категории автомобильной дороги	105
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример характеристики района проектирования автомобильной дороги	106
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример трассирования автомобильной дороги по склону	108
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Форма ведомости углов поворотов, прямых и кривых	109
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Условные графические изображения на планах транспортных сооружений	110
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Образец оформления плана трассы автомобильной дороги	112
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Условные графические изображения на продольном профиле автомобильной дороги	113
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Форма ведомости попикетного подсчета объемов земляных работ	118
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Примеры оформления поперечных профилей автомобильной дороги	119
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Пример оформления продольного профиля автомобильной дороги общего пользования	120

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование в учебном процессе подготовки бакалавров и специалистов-дорожников занимает весьма важное место. При выполнении первого курсового проекта по основам проектирования участка автомобильной дороги студенты приобретают знания в области дорожного проектирования, знакомятся с требованиями к проектным решениям, изучают методы проектирования. В результате формируются навыки работы с нормативной литературой, с проектной документацией, осваиваются методы и способы разработки проектов, приобретается опыт решения инженерных задач, в том числе во время самостоятельной работы студента.

Материалы пособия разработаны на основе многолетнего опыта работы со студентами-дорожниками специальности «Автомобильные дороги и аэродромы».

В пособии рассмотрены отдельные положения теоретического курса, расчетные задачи, выполнен разбор примеров, способствующих развитию навыков проектирования автомобильных дорог. В пособии рассмотрены общие вопросы оформления проекта, даны рекомендации по описанию природно-климатических и экономических условий района проектирования, обоснованию технических норм, проектированию автомобильной дороги в плане, разработке продольного и поперечных профилей, проектированию виражей и отгонов виражей, методу расчета объемов земляных работ по профилям. Пособие содержит большое количество простого и наглядного иллюстративного материала, что облегчает изучение теоретических основ геометрического проектирования дорог. Все разделы пособия имеют ссылки на действующие современные стандарты. Особое внимание уделено требованиям к оформлению проектных решений, расчетов и чертежей в соответствии с действующими нормативными документами по проектированию.

Каждый раздел пособия содержит пошаговые схемы организации работы над соответствующим разделом проекта. Студенту предоставлена возможность проверить свои теоретические знания с помощью вопросов для самопроверки, размещенных в конце каждого раздела пособия, и с помощью тестовых материалов для самопроверки, размещенных в разделе 8 пособия.

Учебное пособие будет полезно студентам всех форм обучения специальности «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», и студентам–бакалаврам направления «Строительство» профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы» при выполнении курсовых проектов, выпускных квалификационных работ и по развитию навыков проектирования автомобильных дорог общего пользования.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильная дорога – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств. Автомобильные дороги включают в себя земельные участки в границах полосы отвода и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (земляное полотно, дорожные одежды) и дорожные сооружения, являющиеся их технологической частью, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

В состав комплекса дорожных сооружений кроме автомобильной дороги входят транспортные развязки; мостовые переходы; сооружения инженерного обустройства (автобусные остановки, площадки отдыха, автозаправочные станции, придорожные кемпинги); элементы обустройства (дорожные знаки, разметка, ограждения, направляющие устройства, элементы освещения); здания и сооружения автотранспортных служб и другие объекты.

Автомобильные дороги проходят в основном за пределами населённых пунктов. Исключение составляют отдельные транзитные участки автомобильных дорог, проходящие через малые населённые пункты. При проектировании таких участков к ним применяются нормы проектирования, отличные от норм для автомобильных дорог.

1.1. Функциональная классификация автомобильных дорог

Автомобильные дороги классифицируются в соответствии с федеральным законом Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. N 257-ФЗ [1] и в зависимости от вида разрешенного использования подразделяются на:

- ▶ автомобильные дороги общего пользования;
- ▶ автомобильные дороги необщего пользования.

К автомобильным дорогам **необщего пользования** относятся дороги, находящиеся в собственности, во владении или в пользовании исполнительных органов государственной власти, местных администраций, физических или юридических лиц и используемые ими исключительно для обеспечения собственных нужд либо для государственных или муниципальных нужд.

К автомобильным дорогам **общего пользования** относятся автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц. Автомобильные дороги общего пользования предназначены для пропуска автотранспортных средств габаритами: по длине одиночных автомобилей - до 12 м и автопоездов - до 20 м, по ширине - до 2,55 м, по высоте - до 4 м для дорог категорий I - IV и до 3,8 м для дорог категории V [4].

По значению выделяют автомобильные дороги федерального значения, регионального или межмуниципального значения, местного значения и частные (рис.1.1).

Перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения утверждается Правительством Российской Федерации. Перечень и критерии отнесения автомобильных дорог общего пользования к автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения утверждаются высшим исполнительным органом государственной власти субъекта РФ. Перечень дорог местного значения утверждается, соответственно, органом местного самоуправления поселения, муниципального района или городского округа.

Автомобильными дорогами общего пользования федерального значения являются дороги:

1) соединяющие столицу Российской Федерации - город Москву со столицами сопредельных государств, с административными центрами (столицами) субъектов РФ;

2) включенные в перечень международных автомобильных дорог в соответствии с международными соглашениями РФ.

Дополнительно к автомобильным дорогам общего пользования федерального значения также могут быть отнесены автомобильные дороги:

1) соединяющие между собой административные центры (столицы) субъектов Российской Федерации;

2) являющиеся подъездными дорогами, соединяющими автомобильные дороги общего пользования федерального значения, и имеющие международное значение крупнейшие транспортные узлы (морские порты, речные порты, аэропорты, железнодорожные станции), а также специальные объекты федерального значения;

3) являющиеся подъездными дорогами, соединяющими административные центры субъектов РФ, не имеющие автомобильных дорог общего пользования, соединяющих соответствующий административный центр субъекта РФ со столицей РФ - городом Москвой, и ближайшие морские порты, речные порты, аэропорты, железнодорожные станции.

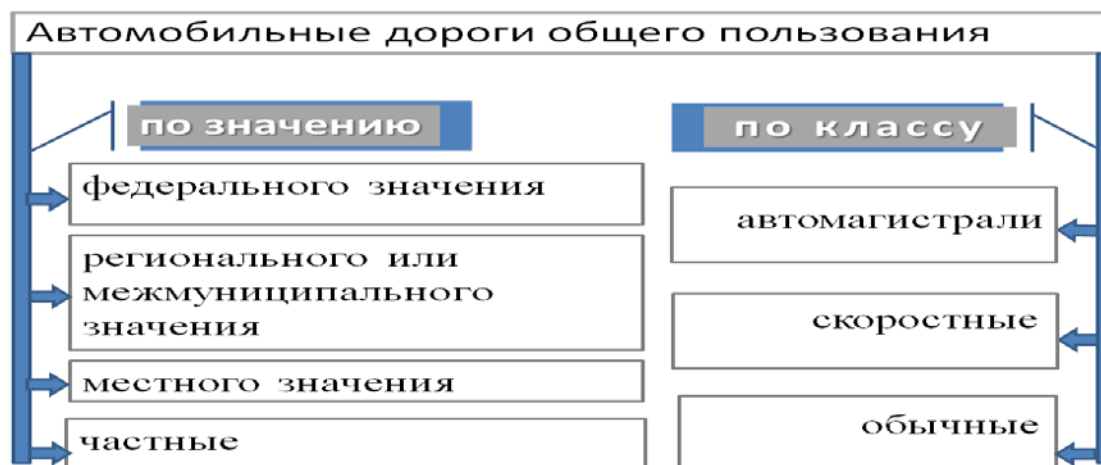


Рис. 1.1 – Классификация автомобильных дорог общего типа по значению и классам.

Автомобильные дороги общего пользования **местного значения** могут выделяться для поселения, муниципального района и городского округа. К **частным** автомобильным дорогам общего пользования относятся дороги, находящиеся в собственности физических или юридических лиц, не оборудованные устройствами, ограничивающими проезд транспортных средств неограниченного круга лиц.

В зависимости от условий проезда по автомобильным дорогам и доступа на них транспортных средств автомобильные дороги общего пользования подразделяются на **классы**: автомагистраль, скоростная автомобильная дорога и дорога обычного типа (рис. 1.1). Характеристика классов автомобильных дорог определена ГОСТ Р 52398-2005 [7] (табл. 1.1).

Автомобильные дороги общего пользования должны иметь **наименования**. Дорогам федерального, регионального или межмуниципального значения наименования обязательно присваиваются органом исполнительной власти субъекта РФ. Дороги местного значения наименования могут и не иметь, этот вопрос решается органом местного самоуправления. Частным автомобильным дорогам наименования могут присваивать собственники этих автомобильных дорог. Наименования автомобильной дороги, как правило, включают наименования начального, конечного и наиболее характерных промежуточных населенных пунктов (или мест), вблизи которых или через которые дорога проходит [2]. Например, автомобильная дорога общего пользования федерального значения от Москвы до Архангельска имеет полное наименование: «Холмогоры» от Москвы через Ярославль, Вологду до Архангельска». Историческое наименование этой дороги – Ярославское шоссе.

Таблица 1.1

Классы автомобильных дорог

Классы	Характеристика класса
Автомагистраль	- имеет на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой; - не имеет пересечений в одном уровне; - доступ на автомагистраль возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.
Скоростная дорога	- имеет на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой; - не имеет пересечений в одном уровне; - доступ на дорогу возможен только через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления), устроенных не чаще чем через 3 км друг от друга.
Дорога обычного типа (нескоростная дорога)	- не отнесена к классам «автомагистраль» и «скоростная дорога»; - доступ на дорогу возможен через пересечения и примыкания в разных и одном уровнях, расположенные для дорог категории I В, II, III не чаще чем через 600 м, для дорог категории IV не чаще чем через 100 м, категории V – 50 м друг от друга.

Кроме наименований, автомобильные дороги должны иметь **идентификационные номера**. Идентификационный номер автомобильной дороги должен указываться в перечне автомобильных дорог федерального, регионального или межмуниципального, местного значения, утверждаемом, соответственно, Правительством Российской Федерации, высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации, органом местного самоуправления [2]. Уже упомянутая дорога «Холмогоры» имеет идентификационный номер М-8.

Информация о каждой автомобильной дороге общей сети заносится в **Единый государственный реестр автомобильных дорог**, который представляет собой федеральный информационный ресурс и содержит сведения об автомобильных дорогах независимо от их форм собственности и значения. Формирование и ведение реестра осуществляются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства, на основании данных учета автомобильных дорог [3].

В реестр вносятся следующие сведения об автомобильной дороге: собственник или владелец дороги; наименование дороги; идентификационный номер; протяженность; соответствие всей дороги и ее участков техническим характеристикам класса и категории; вид разрешенного использования; иные сведения.

В зависимости от транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств автомобильных дорог их подразделяют на **категории**: IA, IB, IB, II, III, IV, V. Характеристика категорий автомобильных дорог приведена в разделах 1.3 и 4 настоящего пособия.

1.2. Основные элементы автомобильных дорог

Традиционно линейные сооружения, к которым в том числе относятся автомобильные дороги, проектируются в трех проекциях: план, поперечный профиль и продольный профиль. Для наглядного представления уже готового проектного решения делают трехмерную статическую или динамическую визуализацию объекта.

План автомобильной дороги – это проекция дороги на горизонтальную плоскость.

Продольный профиль автомобильной дороги – развернутый в плоскости чертежа разрез по оси дороги.

Поперечный профиль автомобильной дороги – это сечение автомобильной дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной ее оси.

Одним из основных элементов поперечного профиля дороги является земляное полотно. Земляное полотно - это геотехническая конструкция, служащая для обеспечения проектного пространственного расположения проез-

жей части дороги и в качестве грунтового основания (подстилающего грунта) конструкции дорожной одежды. В зависимости от рельефа местности земляное полотно устраивают в виде насыпи, выемки или полунасыпи-полувыемки (рис. 1.2). **Насыпь** представляет собой земляное сооружение из насыпного грунта, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли [4]. **Выемка** – это земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, причем вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли [4].

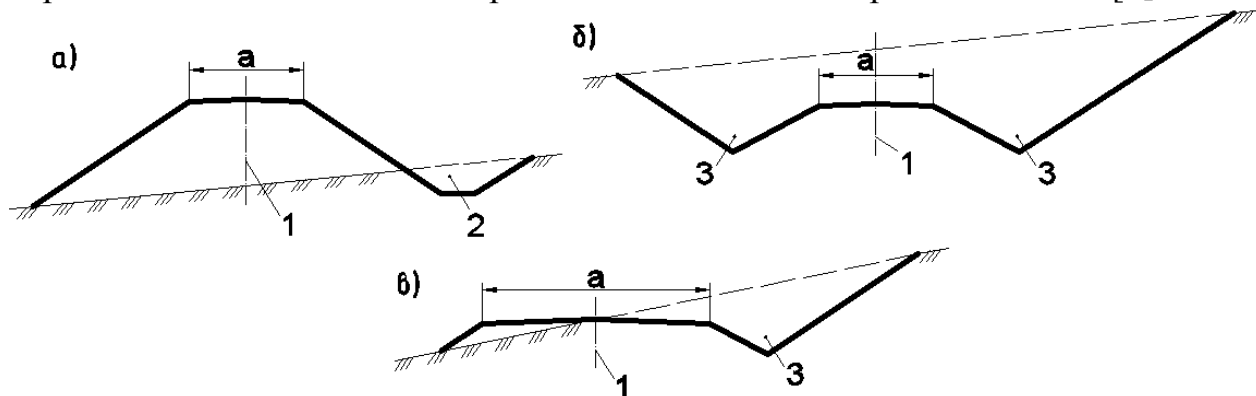


Рис. 1.2 – Виды земляного полотна: а) насыпь, б) выемка, в) полунасыпь-полувыемка. 1 – ось дороги; 2 – водоотводная канава; 3 – кювет; а – ширина земляного полотна.

 – грунт естественного залегания.

К основным элементам автомобильной дороги относятся: проезжая часть, состоящая из полос движения; обочины; откосы земляного полотна; водоотводные каналы (для насыпи) и кюветы (для выемки). На рисунке 1.3 на разных видах земляного полотна показаны основные элементы автомобильных дорог. На земляном полотне на ширину проезжей части располагается многослойная конструкция – **дорожная одежда** (1). Верхний слой дорожной одежды называется **покрытием**. По обеим сторонам проезжей части размещаются **обочины** (2). Проезжую часть и обочину разделяет линия, называемая **кромкой проезжей части** (4). Расстояние между кромками определяет **ширину проезжей части дороги**. Линию, отделяющую обочину от откоса земляного полотна в насыпи или от внутреннего откоса кювета в выемке, называют **бровкой земляного полотна** (5). Расстояние между бровками составляет **ширину земляного полотна**. Массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, называется **основанием земляного полотна** (3).

На автомобильных дорогах высоких категорий могут устраиваться **разделительные полосы на проезжей части** (6).

В выемках, расположенных на косогорах (рис. 1.3 в), для предотвращения стока воды с нагорного склона устраивают **забанкетную (нагорную) канаву** (7). Канаву устраивают с нагорной стороны выемки, а грунт, вынутый из

забанкетной канавы, укладывают между откосом выемки и канавой в форме сточной призмы, называемой **банкетом** (8).

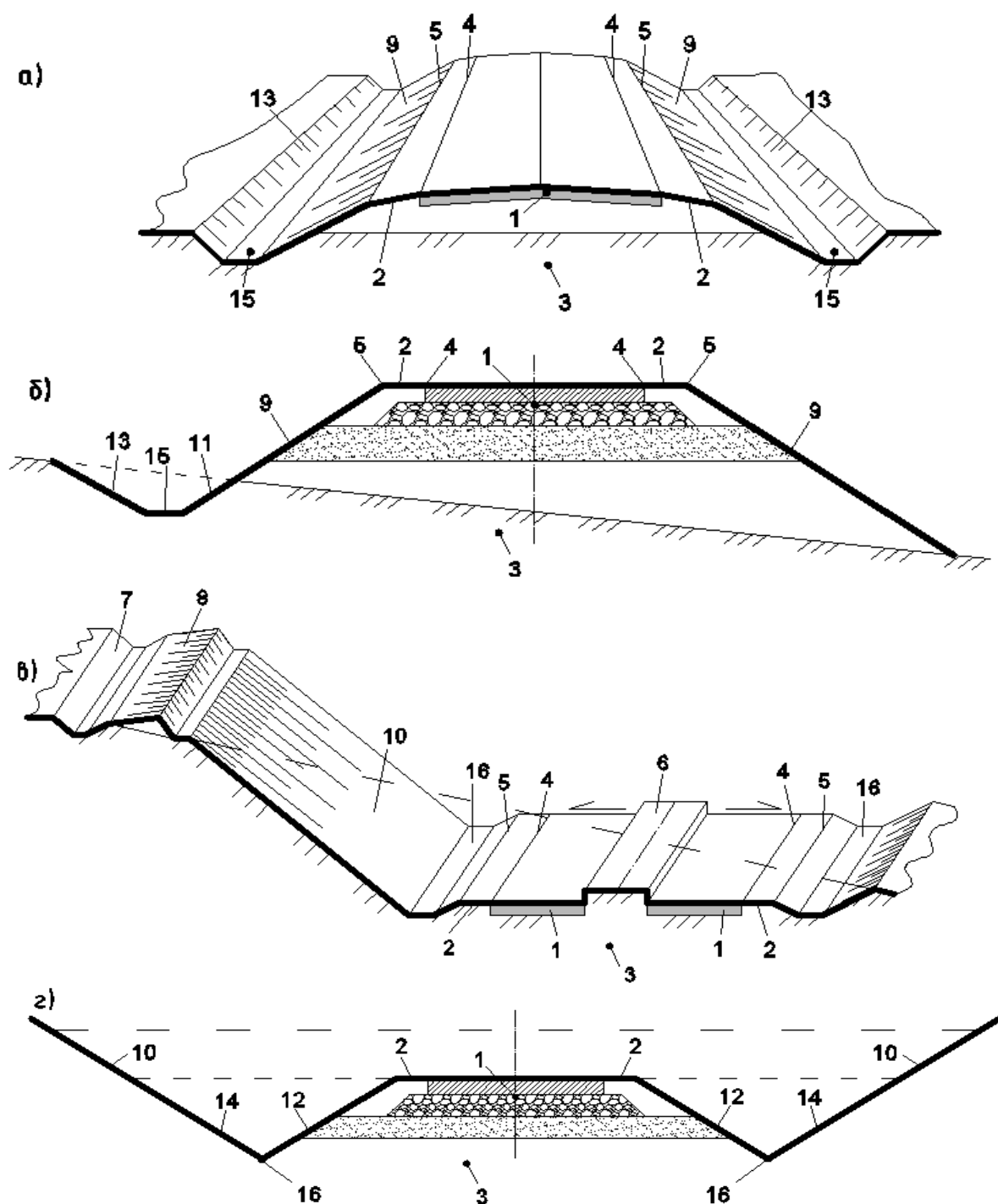


Рис. 1.3 – Основные элементы автомобильной дороги: а) насыпь с водоотводными трапецидальными канавами; б) поперечный профиль насыпи с канавой с нагорной стороны; в) выемка на косогоре с трапецидальными кюветами, банкетом и забанкетной канавой, г) выемка с треугольными кюветами. 1 – дорожная одежда; 2 – обочины; 3 – основание земляного полотна; 4 – кромка проезжей части; 5 – бровка земляного полотна; 6 – разделительная полоса; 7 –забанкетная (нагорная) канава; 8 – банкет; 9 – откос насыпи; 10 – откос выемки; 11 – внутренний откос канавы; 12 – внутренний откос кювета; 13 – внешний откос канавы; 14 – внешний откос кювета; 15 – дно канавы; 16 – дно кювета.

Боковая наклонная поверхность, ограничивающая искусственное земляное сооружение, называется **откосом**. В конструкциях земляного полотна (рис. 3) различают откосы насыпи (9), откосы выемки (10), внутренние откосы канав (11) и внутренние откосы кюветов (12), внешние откосы канав (13) и внешние откосы кюветов (14).

Откосы земляного полотна и водоотводных сооружений должны быть устойчивыми. Устойчивость откосов обеспечивается за счет оптимального угла наклона плоскости откоса к горизонту (крутизны), уплотнения грунта откоса и укрепления откосов засевом трав, применением георешеток и других видов укреплений. Высота откоса – это расстояние по вертикали от верхней бровки откоса до его нижней бровки, рис. 1.4. Наклон плоскости откоса к горизонту (крутизна откоса) определяется отношением высоты откоса (H) к его горизонтальной проекции – заложению ($m \cdot H$) (рис. 1.4). Величина m – коэффициент заложения, показывает во сколько раз проекция откоса больше или меньше его высоты. Типовой для откосов земляного полотна является крутизна 1:1,5; 1:3; 1:4, т.е. откосы чаще всего имеют **заложения** 1,5; 3 или 4. В зависимости от вида и состояния грунтов и условий проектирования. Для обеспечения устойчивого откоса заложение можно рассчитывать.

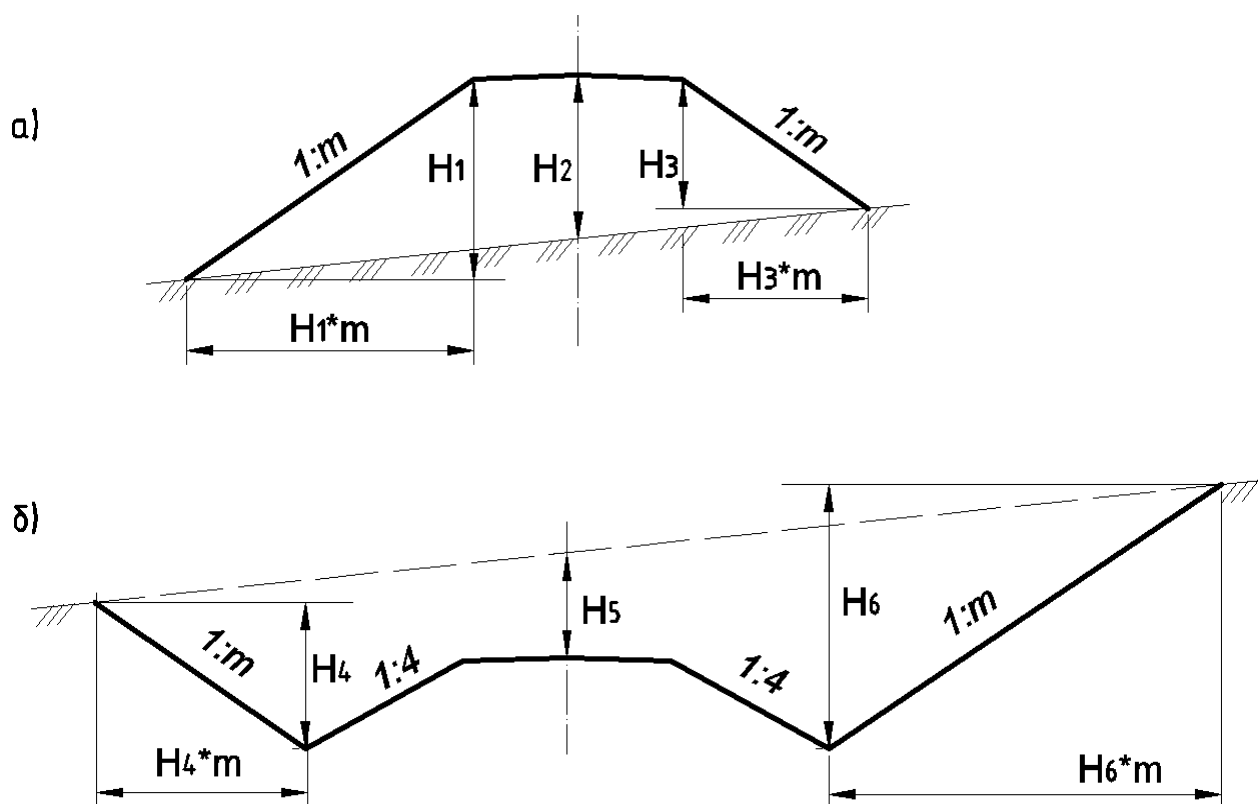


Рис. 1.4 – Схемы для характеристики откосов: а) насыпи, б) выемки. H_1 , H_3 – высота, соответственно, левого и правого откосов насыпи; H_2 – рабочая отметка насыпи; H_5 – рабочая отметка выемки; H_4 , H_6 – высота, соответственно, левого и правого откосов выемки; $H_1 \cdot m$ – горизонтальная проекция откоса; 1:m – крутизна откоса; m – коэффициент заложения откоса.

Обочины автомобильной дороги служат для временной остановки автомобилей и имеют, как правило, три полосы, отличающиеся прочностными свойствами и типом укрепления (рис. 1.5). Полоса обочины, укрепленная по типу проезжей, расположена вдоль проезжей части и имеет ширину от 0,75 до 0,5 м. А полосу обочины вдоль бровки укрепляют засеvom трав на ширину 0,5 м. Средняя, укрепленная каменными материалами, ширина укрепительных полос назначается в зависимости от категории автомобильной дороги по табл. 4.6 или обосновывается расчетом при наличии в транспортном потоке негабаритных транспортных средств, например, сельскохозяйственной техники.

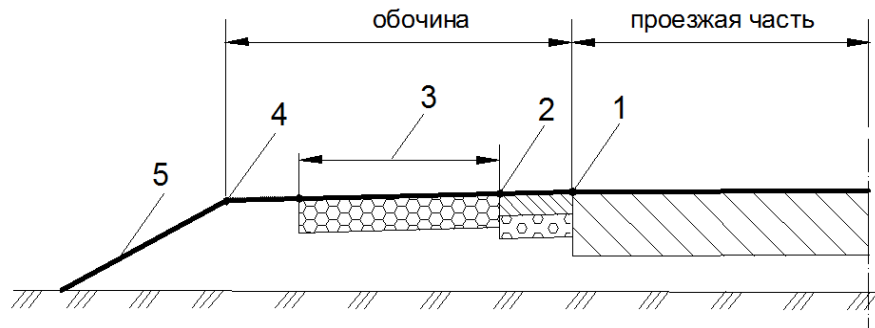


Рис. 1.5 – Элементы обочины: а) общий вид обочины; б) схема обочины. 1 – кромка проезжей части; 2 – кромка обочины, укрепленной по типу проезжей части; 3 – часть обочины, укрепленная каменным материалом; 4 – часть обочины, укрепленная засеvom трав; 5 – бровка земляного полотна; 6 – откос земляного полотна для насыпи или внутренний откос кювета для выемки.

В сложных природно-климатических условиях проектирования для уменьшения длины откоса насыпи или для сброса воды от земляного полотна устраиваются **треугольные бермы**. На слабых основаниях для увеличения ширины подошвы насыпи вдоль насыпей устраивают **трапециевидальные бермы** шириной не менее 2 м (рис. 1.6 б). В конструкциях снегозаносимых выемок для размещения убранного с проезжей части снега устраивают **полки** (рис. 1.6). Длина таких берм и полок определяется длиной сложного участка, и, как правило, составляет десятки и сотни метров. Кроме того, на дорогах высоких категорий **локальные бермы** по высоте равные насыпям устраивают для размещения дорожных знаков. Длина локальных бермы составляет всего несколько метров, а ширина определяется размерами устанавливаемого дорожного знака.

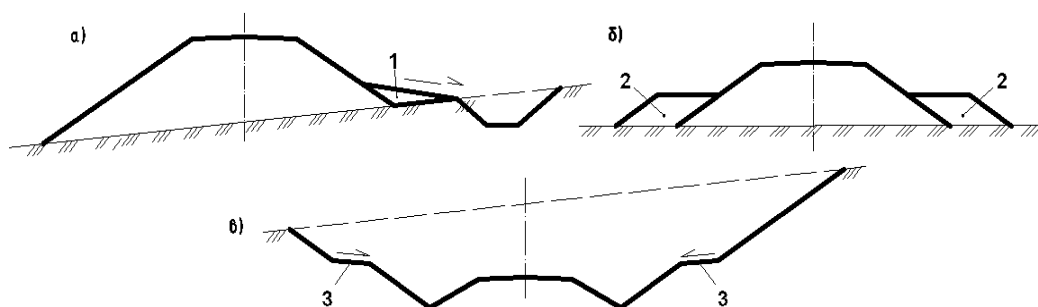


Рис. 1.6 – Конструкции земляного полотна автомобильных дорог: а) с треугольной бермой (1), б) с трапециевидальными бермами (2), в) с полками (3).

1.3. Интенсивность движения и техническая категория автомобильной дороги

Техническую категорию автомобильной дороги определяют по ее функциональному значению с учетом величины перспективной приведенной интенсивности движения.

Интенсивность движения по автомобильной дороге (N) – это количество автомобилей, проходящих через поперечное сечение дороги в единицу времени. Обычно интенсивность измеряют в авт./час или в авт./сут.

Различают виды интенсивности движения по времени приведения: исходная интенсивность (N_0) и перспективная интенсивность (N_t); по видам расчетного автомобиля: интенсивность в физических единицах ($N_{физ.}$) и интенсивность в приведенных единицах ($N_{привед}$) (рис. 1.7).

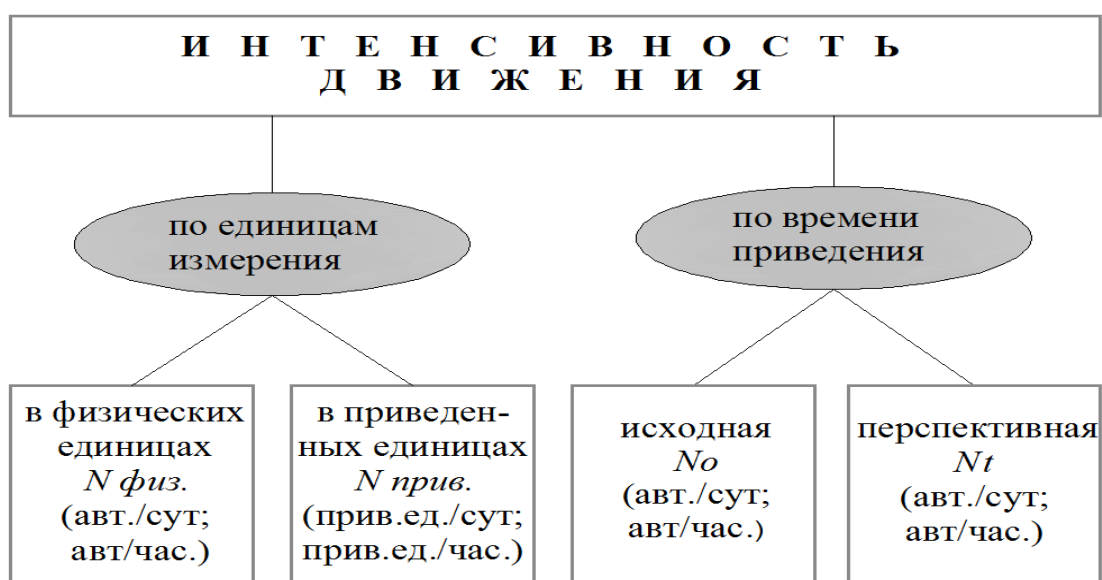


Рис. 1.7 – Виды интенсивности движения на автомобильных дорогах.

В наименовании интенсивности движения указывают как время приведения, так и единицы исчисления, например: перспективная интенсивность движения в физических единицах или перспективная интенсивность движения в приведенных единицах.

Перспективный период при назначении категорий дорог, выборе элементов плана, продольного и поперечного профилей принимают равным 20 годам [4].

Перспективная интенсивность движения может меняться по разным математическим законам, но обычно принимают закон геометрической прогрессии:

$$N_t = N_0 * K^t, \quad (1.1)$$

где K – коэффициент ежегодного прироста интенсивности;

t – срок приведения интенсивности, лет.

При обосновании категории автомобильной дороги приведение интенсивности выполняют к расчетному легковому автомобилю с помощью нормативных коэффициентов приведения, зависящих от грузоподъемности (табл. 1.2). **Автомобиль легковой, приведенный** – это равная легковому автомобилю расчетная единица, с помощью которой учитываются все другие виды транспортных средств на автомобильной дороге, с учетом их динамических свойств и размеров, с целью их усреднения для расчета характеристик движения (интенсивность, расчетная скорость и т.п.). Коэффициенты приведения для специальных автомобилей следует принимать, как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности. При расчетах приведенной интенсивности для пересеченной и горной местности коэффициенты приведения (табл. 1.2) для грузовых автомобилей и автопоездов увеличивают в 1,2 раза.

Пример расчета перспективной приведенной к легковому автомобилю интенсивности движения представлен в приложении 1.

По величине перспективной приведенной интенсивности движения на основании требований СП 34.13330.2012 [4] назначают техническую категорию автомобильной дороги (табл. 1.3).

Таблица 1.2

Коэффициенты приведения автомобилей к легковому

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения к легковому автомобилю K_i
1	2
Легковые автомобили, мотоциклы, микроавтобусы	1,0
Грузовые автомобили	
грузоподъемностью, т:	
до 2 включительно	1,3
св. 2 – 6 "	1,4
" 6 – 8 "	1,6
" 8 – 14 "	1,8
" 14 "	2,0
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12 включительно	1,8
св. 12 – 20 "	2,2
" 20 – 30 "	2,7
" 30 "	3,2
Автобусы малой вместимости	1,4
" то же средней	2,5
" большой	3,0
" сочлененные	4,6

**Приведенная перспективная интенсивность движения
для автомобильных дорог**

Категория автомобильной дороги		Расчетная интенсивность движения, приведенная к легковому автомобилю, ед./сут.
IA (автомагистраль)		Свыше 14000
IB (скоростная дорога)		Свыше 14000
Обычные дороги	IV	Свыше 14000
	II	Свыше 6000
	III	Свыше 2000 до 6000
	IV	Свыше 200 до 2000
	V	Свыше 200

Вопросы для самопроверки

1. Какие автомобильные дороги относятся к дорогам общего пользования?
2. Назовите классификационные признаки автомагистрали.
3. Изобразите поперечный профиль дороги в насыпи. Укажите основные элементы: кромку, бровку, откосы насыпи, откосы канав.
4. Что понимают под заложением откоса?
5. Поясните, что такое приведенная перспективная интенсивность движения на автомобильной дороге.
6. Назовите и охарактеризуйте элементы обочины.

2. ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Автомобильные дороги должны обеспечивать: безопасное и удобное движение транспортных средств с установленными скоростями, нагрузками и габаритами, а также сервисное обслуживание пользователей дорогами и безопасное движение пешеходов, удобное и безопасное расположение примыканий и пересечений; необходимое обустройство дорог, элементы сервиса для транспортных средств и содержания дорог.

Для экономического обоснования выбора оптимальных проектных решений конструкций автомобильной дороги, рациональной технологии строительства, правильной эксплуатации и своевременного ремонта необходима разработка проектной документации на разных стадиях жизненного цикла автомобильной дороги: на стадиях проектирования; строительства; эксплуатации.

2.1. Виды и состав проектной документации

Проектирование автомобильной дороги может выполняться в три этапа (стадии).

Первый этап позволяет оценить экономическую целесообразность проектирования автомобильной дороги и представляет собой проект без детальной проработки индивидуальных проектных решений дороги, но с подробным экономическим анализом и расчетами, позволяющими оценить рентабельность будущего проектируемого сооружения и обосновать (или подтвердить) целесообразность инвестировать будущую дорогу. На этой стадии проектирования может, например, выполняться обоснование инвестиций не в отдельную дорогу, а в целом в дорожную сеть региона. В этом случае будет выбираться экономически обоснованный вариант дорожной сети в целом.

Если обоснование инвестиций для отдельной дороги или дорожной сети выполнено, то приступают ко второму этапу выполнения проекта (инженерного проекта) дороги, в котором разрабатывают детальные проектные решения, выполняют сравнение вариантов проектных решений и принимают окончательный вариант проектируемого объекта. На этом этапе проектирования разрабатывают инженерный проект - подробную проектно-сметную документацию, состав которой определен постановлением № 87 Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». Проектная документация включает: план трассы, продольный профиль, дорожную одежду, искусственные сооружения (малые мосты и трубы), ведомости объемов работ, сметные расчеты и др. Чем крупнее и сложнее объект, тем больше вариантов проектных решений рассматривается на стадии инженерного проекта.

Подробно разработанная на втором этапе проектирования проектно-сметная документация содержит большое количество расчетов, расчетных схем, конкурентно-способных вариантов, и подвариантов дороги, которые рассматривались и сравнивались на стадии разработки проекта, однако часть этой информации является излишней на стадии строительства объекта. Поэтому для крупных объектов проектировщики из проектных решений второго этапа проектирования составляют рабочую документацию, которая содержит полную информацию, необходимую строителям, по окончательно принятым проектным решениям.

Для небольших участков автомобильных дорог местного значения проектирование выполняют в два этапа – проект (инженерный проект) и рабочая документация, а иногда и в один этап – проект (инженерный проект).

Для осуществления строительства запроектированной автомобильной дороги (для стадии строительства) необходимо разработать проект, в кото-

ром будет последовательно рассчитана схема рациональной технологической цепочки производства работ. Такой проект называется проектом производства работ на строительство автомобильной дороги (или ее участка) и содержит технологические карты, схемы производства работ, расчеты потребности в машинах, механизмах, рабочей силе, календарные графики выполнения работ и т.д.

Далее в процессе жизненного цикла автомобильной дороги потребуется разработка проектов по эксплуатации дороги (для стадии эксплуатации); разным видам ремонта на этапе эксплуатации дороги. По истечении жизненного цикла дороги – вновь возвращаются на стадию проектирования и выполняют проект капитального ремонта или реконструкции дороги.

При подготовке бакалавров и специалистов по автомобильным дорогам выполняются учебные варианты всех видов перечисленных проектов. Настоящее пособие посвящено в основном основам разработки проекта (инженерного проекта) участка новой автомобильной дороги.

2.2. Требования к учебному проекту по основам проектирования автомобильной дороги

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 20 - 30 с. машинописного текста на листах бумаги формата А4 (210х297 мм) и расчетно-графической части. Расчетно-пояснительная записка должна включать: титульный лист, задание на курсовой проект, содержание, разделы проекта в соответствии с заданием, список использованной литературы, приложения. Записку оформляют в соответствии с требованиями ВоГУ [12], чертежи – по требованиям ГОСТ Р 21.1701-97 [9], ГОСТ Р 21.1207-97 [10] и ГОСТ 21204-93 [11].

Графическая часть проекта включает следующие чертежи: карту с нанесенными двумя вариантами трассы, два продольных профиля для выбранного варианта трассы (на одном проектная линия строится методом тангенсов, на другом – методом инженера Антонова); типовые поперечные профили земляного полотна; два типовых поперечных профиля с привязкой к конкретным пикетам; разбивочные чертежи отгона виража для одной переходной кривой.

Чертежи графической части (кроме плана трассы на карте) выполняются на миллиметровой бумаге. Все чертежи формата, превышающего А4, подшиваются к пояснительной записке в виде приложений. Отдельные чертежи проекта могут быть выполнены в программе Autocad.

Состав проекта и объемы работы по разделам приведены в табл. 1.4.

Таблица 2.1

**Состав учебного проекта по основам проектирования
участка автомобильной дороги**

Наименование разделов проекта	Объем раздела в % от полного объема учебного проекта
1	2
Характеристика района проектирования. Обоснование категории автомобильной дороги и определение технических норм проектирования	5
Трассирование двух вариантов дороги. Расчет «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых». Оформление пояснительной записки раздела «План трассы». Оформление чертежа плана трассы на карте	20
Проектирование продольного профиля автомобильной дороги: проектная линия, водоотвод, оформление раздела записки и чертежа профиля	45
Проектирование проектной линии продольного профиля методом инженера Антонова	5
Поперечные профили	10
Конструирование и расчет отгона виража	5
Определение объемов земляных работ	10
ВСЕГО	100

Вопросы для самопроверки

1. Назовите три этапа проектирования автомобильной дороги.
2. Виды проектной документации для автомобильной дороги.
3. Чем рабочая документация отличается от инженерного проекта?
4. Какими нормативными документами устанавливаются требования к оформлению чертежей проектной документации для автомобильных дорог?

3. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Для обоснования проектных решений с позиции географических, климатических, геологических, гидрологических и экономических и др. особенностей района проектирования перед началом выполнения проектных работ все эти условия тщательно изучают и описывают в пояснительной записке проекта.

В табл. 3.1 приведены природно-климатические характеристики района проектирования и указаны основные разделы проекта дороги, в которых эти характеристики следует учитывать. Наиболее подробно познакомиться с методикой расчета или определения отдельных климатических показателей можно в «Методических рекомендациях по определению климатических характеристик при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» [13]. Следует отметить, что **к северной климатической зоне относятся районы с температурой воздуха наиболее холодной пятидневки менее минус 40°C. Континентальный климат характеризуется разницей между максимальной и минимальной температурами воздуха за сутки более 12°C при повторяемости более 50 раз в год. Суровые климатические условия** характеризуются среднемесячной температурой наиболее холодного месяца ниже минус 15°C, **умеренные** - от минус 5°C до минус 15°C, **мягкие** - до минус 5°C.

Принадлежность района проектирования к конкретной дорожно-климатической зоне (ДКЗ) устанавливают по карте дорожно-климатического районирования – СНиП 2.05.02-85 или СП [4, 5]. Определение ДКЗ района проектирования позволит учесть типичные климатические особенности района проектирования и подбирать типовые проектные решения с учетом ДКЗ.

Климатические характеристики района проектирования следует принимать по статистическим данным местных метеостанций, а при отсутствии данных метеостанций для района проектирования допускается назначать эти характеристики по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» [6].

Изучение рельефа выполняют по материалам геодезических изысканий: по цифровой модели рельефа или по топографической карте, на которой будет выполняться трассирование дороги. Изучают местоположение и вид высотных препятствий (перепад отметок земли, крутизну склонов, наличие оврагов, котловин различной глубины и т.п.), наличие контурных препятствий (населенных пунктов, ручьев, рек, озер, болот, заболоченных и сырых мест). Внимательное и детальное ознакомление с местностью позволит выбрать рациональное направление трассы, избежать излишнего ее удлинения, оптимизировать объемы земляных работ, размеры искусственных сооружений.

На основании данных геологических изысканий выполняют описание грунтово-геологических условий района проектирования, анализируют геологические особенности района проектирования, состояние грунтов, глубину

и порядок их залегания; оценивают пригодность местных грунтов для сооружения из них земляного полотна дороги.

Гидрологические условия района проектирования получают на основании данных инженерно-геологических и гидрологических изысканий. В описании гидрологических условий уделяют особое внимание характеристике поверхностного стока, наличию заболоченности, а также наличию и характеру залегания грунтовых вод. Гидрологические режимы заболоченных участков и водотоков описывают и прогнозируют их изменение в процессе строительства и эксплуатации автомобильной дороги.

Полнота и точность собранных данных о природно-климатических условиях района проектирования позволяют максимально учесть их и принять экономически обоснованные и технически рациональные проектные решения.

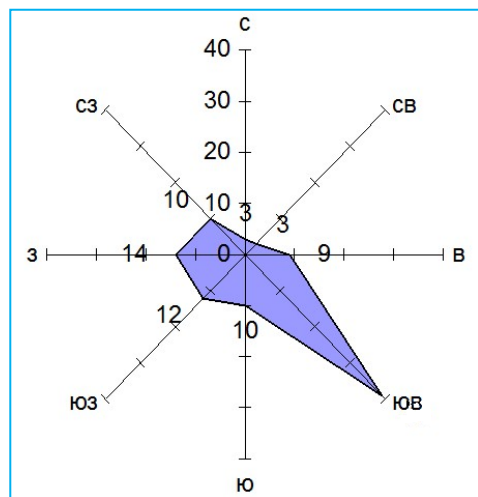
Таблица 3.1

Климатические характеристики для разработки проектной документации

Наименование климатической характеристики	Применимость в проектной документации
1	2
1. Дорожно-климатическая зона	Проектирование земляного полотна и дорожной одежды
2. Принадлежность к северной климатической зоне	Выбор материалов и расчет металлических, бетонных и железобетонных конструкций
3. Общая характеристика климата (континентальный, умеренный)	Определение длины плит бетонного покрытия
4. Климатические условия (суровые, умеренные, мягкие)	Выбор типа дорожной одежды
5. Абсолютная температура воздуха максимальная и минимальная	Выбор типа дорожной одежды и строительных материалов
6. Температура воздуха наиболее холодных суток и пятидневки обеспеченностью 0,98 и 0,92	Расчет несущих бетонных и железобетонных конструкций и проектирование водопропускных труб
7. Средняя температура воздуха за каждый месяц и за год	Выбор марок бетона для бетонных и железобетонных конструкций, бетона и каменного материала для дорожной одежды, составления проекта производства работ и др.
8. Температура воздуха наиболее жарких суток	Расчет мостовых конструкций
9. Даты перехода среднесуточных температур через 0,5 и 10° и число дней в году, превышающих эти температуры	Определение сезонных сроков ведения строительных работ
10. Температура воздуха при вскрытии реки	Определение нагрузок ото льда
11. Среднее количество осадков за каждый месяц и за год	Составление проекта производства работ
12. Средние даты образования устойчивого снежного покрова и его схода	Составление календарного графика работ
13. Толщина снежного покрова 5 % ВП	Расчет снегозаносимости насыпи

Наименование климатической характеристики	Применимость в проектной документации
1	2
14. Объем снегопереноса 5 % ВП по 8 румбам	Выбор средств снегозащиты
15. Повторяемость ветров за зимний период по 8 румбам	То же
16. Расчетная скорость ветра за зимний период	Выбор средств снегозащиты
17. Повторяемость ветра за паводочный период	Определение высоты и набега ветровой волны
18. Расчетная скорость ветра за паводочный период	То же
19. Скоростной напор ветра на высоте 10 м от поверхности земли	Расчет мостовых конструкций
20. Толщина льда 1 % ВП	Определение нагрузок ото льда
21. Глубина промерзания глинистых и песчаных грунтов	При составлении проекта производства работ, назначении глубины заложения фундаментов и др.
22. Для многолетнемерзлых грунтов: глубина оттаивания, среднегодовая температура грунта, температурный режим	Выбор принципов проектирования с учетом совместной работы возводимого сооружения и основания и способов производства земляных работ
23. Появление и интенсивность действия наледей	Учитывается при проектировании земляного полотна, искусственных сооружений
24. Среднегодовое число дней с: туманом, метелью, гололедом	Определение особенностей производства работ и учет при проектировании условий эксплуатации

По данным распределения ветра для проектируемого участка дороги рекомендуется строить розу ветров летнего периода (июль) и зимнего (январь) (рис 3.1). Она поможет анализировать участки дороги для борьбы со снежными заносами, размещением производственных предприятий, распространением шума и т.д.



Роза ветров – это векторная диаграмма, характеризующая направление ветра района проектирования по многолетним наблюдениям. Длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (обычно по 8-ми румбам), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений. Шкала повторяемости ветра может быть изображена на каждом луче.

Рис. 3.1 – Роза ветров, январь

В целом климатические характеристики района проектирования удобно показывать на дорожно-климатическом графике (рис. 3.2). Состав данных на графике может меняться в зависимости от цели его разработки. Как правило, дорожно-климатические графики могут быть разработаны с целью принятия проектных решений, или для производителя работ при строительстве или эксплуатации дороги.

При характеристике района проектирования в учебном проекте возникают определенные условности: особенности рельефа, ситуацию, растительность, геологические условия и т.д. необходимо описывать не только применительно к заданному реальному району, но и с учетом выданных учебных материалов – топографической карты и учебных исходных данных для проектирования. Примерный состав раздела курсового проекта по характеристике района проектирования представлен в прил. 2.

При описании рельефа по топографической карте необходимо дать общую характеристику района проложения трассы. Следует уточнить местоположение и вид высотных препятствий (перепад отметок земли, крутизну склонов, наличие оврагов и котловин различной глубины и т.п.); наличие контурных препятствий (населенные пункты, ручьи, реки, озера, болота, заболоченные и сырые места). Внимательное и детальное ознакомление с местностью позволит выбрать наиболее целесообразное направление трассы, избежать излишнего ее удлинения, оптимизировать объемы земляных работ, количество и размеры искусственных сооружений.

На основании задания и внимательного изучения карты выполняется описание грунтово-геологических условий района проектирования. Следует отметить геологические особенности, состояние грунтов, глубину и порядок их залегания; оценить пригодность местных грунтов для сооружения на них земляного полотна.

Гидрологические условия района проектирования в данном курсовом проекте описываются на основании задания и изучения карты. При этом достаточно отметить участки местности с затрудненным поверхностным стоком, наличие заболоченности, а также наличие и глубину залегания грунтовых вод.

При описании растительности следует указать наличие лесов, ценных сельскохозяйственных угодий, фруктовых садов и т.п. на территории района проектирования.

На основании справочной литературы составляется краткая экономико-географическая характеристика района проектирования и строительства автомобильной дороги. Особое внимание должно быть обращено на развитие транспортных связей при производстве сельскохозяйственной и других видов продукции и товаров.

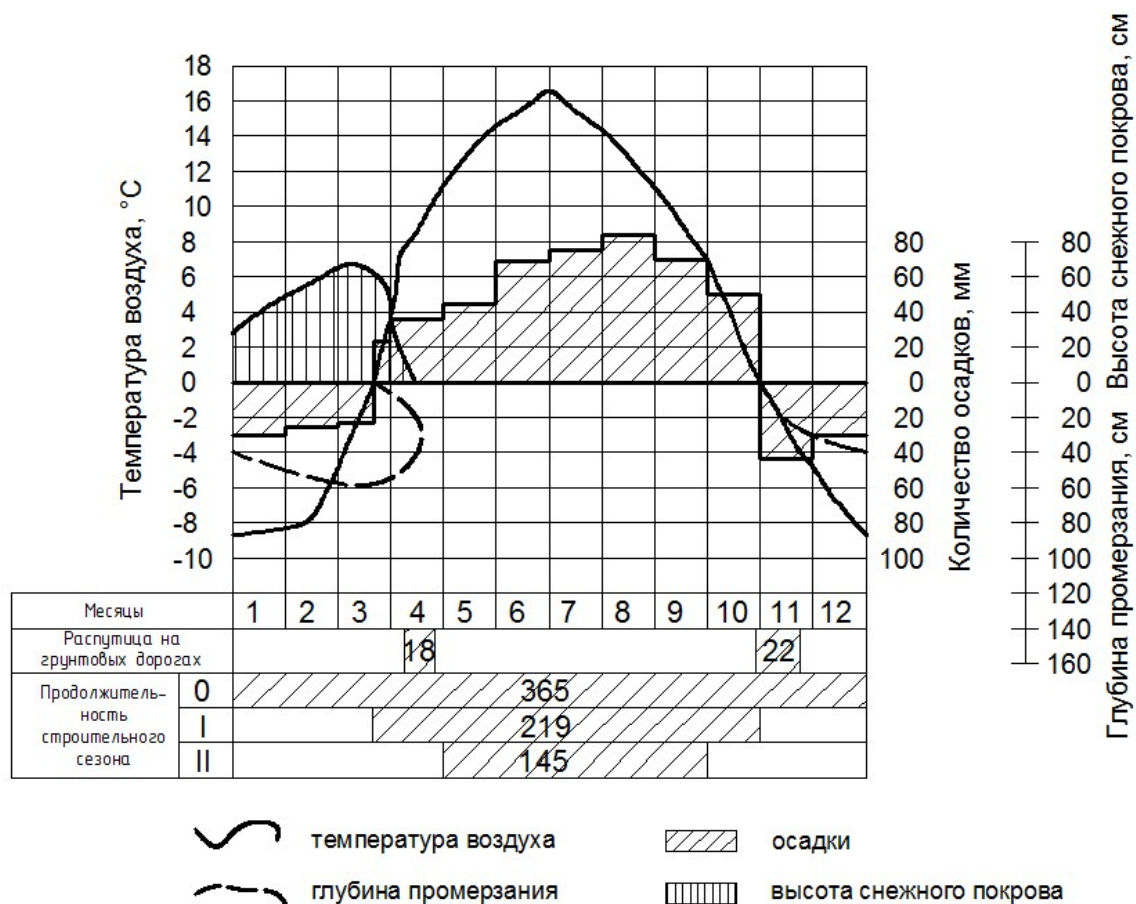


Рис. 3.2 – Общий вид варианта дорожно-климатического графика.

При выполнении учебного проекта автомобильной дороги необходимость и значимость намечаемой для проектирования и строительства дороги обосновывают возможностью обеспечить новой дорогой развитие и совершенствование существующей транспортной инфраструктуры района за счет развития транспортных связей между населенными пунктами, возможности уменьшения транспортно-эксплуатационных расходов на перевозку пассажиров и грузов, а также возможностью развития промышленности и сельского хозяйства после обеспечения устойчивой транспортной связи. Для такого обоснования требуется внимательное изучение экономических связей района проектирования, районов тяготения дороги, проанализировать основные грузо- и пассажирообразующие пункты, познакомиться с перспективами развития района проектирования. Все это определит значимость автомобильной дороги, позволит сформулировать требования к ней и определить ее роль в экономическом развитии района проектирования.

Пользуясь исходными данными для проектирования и экономическими данными справочной литературы, обосновывают эффективность и значимость будущей намечаемой для проектирования и строительства дороги. Например, будущая дорога обеспечит устойчивую транспортную связь между предприятиями района проектирования, будет способствовать развитию и

росту сельскохозяйственного производства, развитию транспортных связей между населенными пунктами, уменьшению транспортно-эксплуатационных расходов.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте понятие дорожно-климатической зоны.
2. Какие климатические условия относятся к суровым?
3. Какие климатические характеристики важно учитывать при проектировании автомобильной дороги?
4. Что такое дорожно-климатический график и какую информацию он может содержать?
5. Где берут исходные данные для построения розы ветров для района проектирования?

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

4.1. Принципы назначения и величина норм

Классификационные признаки классов и категорий современных дорог представлены в табл. 4.1 и определяются количеством полос движения, шириной полосы движения, наличием центральной разделительной полосы, возможностью обеспечения доступа на дорогу через пересечения в одном уровне, рекомендуемой проектной скоростью движения.

Основные технические характеристики классификационных признаков современных автомобильных дорог определяются ГОСТ Р 52399-2005 и СП 34.13330.2012 [4, 8]. Для существующих автомобильных дорог и дорог, запроектированных до 2005 года, действовали технические нормы, определяемые СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» [5].

Независимо от нормативного документа, по которому назначаются технические нормы проектирования дороги конкретного класса и технической категории, после анализа рельефа местности района проектирования назначается расчетная скорость движения.

Расчетная скорость – это наибольшая возможная (по условиям устойчивости и безопасности) скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части, которой на наиболее неблагоприятных участках трассы соответствуют предельно допустимые значения элементов дороги [4]. Расчетная скорость на протяжении автомобильной дороги одной и той же категории дороги может меняться в зависимости от сложности рельефа (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Основные технические характеристики классификационных признаков автомобильных дорог [4, 7]

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения ¹⁾	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, вело - и пешеходными дорожками	Пересечения с железными дорогами и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыканиями в одном уровне	Проектная скорость, км/ч		
Автомагистраль	IA	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях	В разных уровнях	Не допускается	150		
Скоростная дорога	IB	4 и более	3,75				Допускается без пересечения прямого направления	120		
	IV	4 и более ¹⁾	3,75		Допускаются пересечения в одном уровне со светофорным регулированием ⁴⁾		Допускаются пересечения в одном уровне		Допускается	100
Дорога обычного типа (нескоростная дорога)	II	4	3,5	Допускается отсутствие ²⁾	Допускаются пересечения в одном уровне ⁵⁾	Допускается		100		
		2 или 3 ³⁾	3,75	Не требуется						
	III	2	3,5							
	IV	2	3,0							
	V	1	4,5 и более				60			

Примечания: ¹⁾ Более шести полос допускается только на существующих автомобильных дорогах.

²⁾ На дороге категории II требование к наличию разделительной полосы определяется проектом организации дорожного движения.

³⁾ Три полосы движения только для существующих автомобильных дорог.

⁴⁾ Пересечение 4-полосной трассы категории IB с дорогами той же категории и дорогами категории II допускается только в разных уровнях.

⁵⁾ Пересечение 4-полосной дороги категории II с аналогичной осуществляется в разных уровнях. Другие варианты пересечения дорог категории II с дорогами категорий II и III могут осуществляться как в разных уровнях, так и в одном.

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

После назначения расчетной скорости движения выбирают и назначают технические нормы проектирования. Различают следующие виды норм:

- ▶ рассчитанные;
- ▶ установленные нормативными документами [4,5,8];
- ▶ предельно допустимые.

Расчет технических норм выполняют, как правило, если на проектируемом участке дороги известен или задан состав транспортного потока и предусматривается проезд нестандартных транспортных средств или большегрузных автомобилей. Методика расчета приведена в п. 4.2 настоящего пособия. Рассчитанные нормы не должны быть меньше предельно допустимых.

Рекомендуемые технические нормы – нормы, к соблюдению которых следует стремиться. Однако, их соблюдение не всегда возможно из-за особенностей района проектирования или необходимости минимизировать стоимость проектируемой дороги. Величины рекомендуемых норм приведены в табл. 4.3 и не зависят от класса или категории автомобильной дороги.

Предельно допустимые и допустимые технические нормы назначают по нормативным документам ГОСТ Р 52399, СП 34.13330 или СНиП 2.05.02 [4, 5, 8]. Они частично зависят от расчетной скорости движения и частично от категории дороги. От расчетной скорости зависят наибольшие продольные уклоны и наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профиле (табл. 4.4 и 4.5).

Таблица 4.2

Расчетная скорость движения автомобиля по дороге

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч		
	Основные	Допускаемые на трудных участках местности	
		пересеченной	горной
IA	150	120	80
IB	120	100	60
IV	100	80	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Таблица 4.3

**Рекомендуемые технические нормы проектирования
автомобильных дорог**

Наименование параметра		Рекомендуемая величина
Продольные уклоны, ‰		не более 30
Радиусы кривизны для кривых, м	в плане	не менее 3000
	в продольном профиле: выпуклых вогнутых	не менее 70000 не менее 8000
Длины криволинейных участков продольного профиля, м	непрерывно выпуклых непрерывно вогнутых	не менее 300 не менее 100
Расстояние видимости для кривых в профиле, м	для остановки автомобилей	не менее 450
	встречного автомобиля	не менее 750

Таблица 4.4

Предельно допустимые технические нормы проектирования дорог

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м				
		в плане		в продольном профиле		
				выпуклых	вогнутых	
		Основные	В горной местности		Основные	В горной местности
150	30	1200	1000	30000	8000	4000
120	40	800	600	15000	5000	2500
100	50	600	400	10000	3000	1500
80	60	300	250	5000	2000	1000
60	70	150	125	2500	1500	600
50	80	100	100	1500	1200	400
40	90	60	60	1000	1000	300
30	100	30	30	600	600	200

Таблица 4.5

Наименьшие расстояния видимости

Расчетная скорость, км/ч	Наименьшее расстояние видимости, м	
	для остановки	встречного автомобиля
150	275	-
120	250	450
100	200	350
80	150	250
60	85	170
50	75	130
40	55	110
30	45	90

Таблица 4.6

Параметры элементов поперечного профиля дорог по ГОСТ Р 52399-05

Параметры элементов дорог	Авто-магистраль	Скоростная дорога	Автомобильные дороги обычного типа категории					
	I А	I Б	I В	II		III	IV	V
Общее число полос движения, шт.	4 и более	4 и более	4 и более	4	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,75	3,5	3,0	4,5
Ширина обочины ²⁾ , м	3,75	3,75	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,75
Ширина краевой полосы обочины ¹⁾ , м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	–
Ширина укрепленной части обочины, м	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	–
Наименьшая ширина центральной раздельной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	6,0	5,0	5,0	–			
Наименьшая ширина центральной раздельной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения							
Ширина краевой полосы безопасности у раздельной полосы ¹⁾ , м	1,0							

Примечания: ¹⁾ Ширина полосы безопасности входит в ширину раздельной полосы проезжей части, а ширина краевой полосы - в обочину.

²⁾ Ширину обочин на особо трудных участках, проходящих по особо ценным земельным угодьям, а также в местах с переходно-скоростными полосами и с дополнительными полосами на подъем при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается уменьшать до 1,5 м для дорог категорий IБ, IВ и II и до 1,0 м - для дорог остальных категорий.

Категорией дороги определяются общее количество полос движения, ширина полосы движения, ширина обочин и др. (табл. 4.6). Если расчет технических норм не выполнялся, то нормы назначают максимально возможными, ориентируясь на рекомендуемые нормы, (табл. 4.3), а на трудных участках их допускается уменьшать, но не ниже предельно допустимых величин.

4.2. Расчет технических норм проектирования

Расчет технических норм проектирования для автомобильной дороги выполняют для максимального приближения принятых норм проектирования к реальным условиям работы дороги. По результатам расчета можно обосновать принятые или предельно допустимые величины норм. Для типовых условий проектирования расчет технических норм можно не выполнять.

4.2.1. Определение максимального продольного уклона

Если при проектировании дороги известен состав транспортного потока, то по категории дороги и условиям рельефа, руководствуясь табл. 4.2, назначают расчетную скорость и определяют наибольший продольный уклон для каждого вида транспортного средства в транспортном потоке:

$$i_{\max} = D_v - f_v, \quad (4.1)$$

$$f_v = f_0 [1 + 0,01(v - 50)], \quad (4.2)$$

где D_v – динамический фактор автомобиля;

f_v – коэффициент сопротивления качению,

f_0 – коэффициент сопротивления качению при скоростях до 50 км/ч; $f_0 = 0,01$;

V – проектная скорость движения транспортного средства по дороге, км/ч.

Динамический фактор – это удельная избыточная тяговая сила, которая затрачивается на преодоление дорожных сопротивлений и разгон автомобиля. График динамических характеристик для каждой марки транспортных средств строится по результатам тяговых расчетов или берется по справочной литературе.

Величину максимального уклона для проектируемого участка автомобильной дороги устанавливают так, чтобы все транспортные средства потока могли преодолеть подъемы, причем каждое с предусмотренной для него максимальной проектной скоростью.

4.2.2. Определение расчетного расстояния видимости

При проектировании автомобильных дорог для характеристики расстояния видимости на автомобильной дороге используют две расчетные схемы:

- ▶ первая схема – для расчета видимости поверхности дороги;
- ▶ вторая схема – для расчета видимости встречного автомобиля.

Условие для расчета наименьшего расстояния видимости заключается в том, что должна быть обеспечена видимость любых предметов, имеющих вы-

соту не менее 0,2 м, находящихся на середине полосы движения, при высоте глаз водителя автомобиля 1,2 м от поверхности проезжей части.

Расчетное расстояние видимости поверхности дороги S_n (рис. 4.1 а) определяется из условия движения автомобиля по горизонтальному участку дороги с постоянной скоростью и остановки перед препятствием на безопасном расстоянии l_3 по формуле 4.3.

Схема для расчета расстояния видимости встречного автомобиля S_a (рис. 4.1 б) предусматривает движение автомобилей навстречу друг другу по одной полосе с расчетной равной скоростью по горизонтальному участку дороги и остановку «лоб в лоб» на безопасном расстоянии l_3 , формула 4.4.

$$S_n = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{v t_p}{3,6} + \frac{K_3 v^2}{254(\varphi_{пр} \pm i)} + l_3; \quad (4.3)$$

$$S_a = 2l_1 + 2l_2 + l_3 = \frac{v}{1,8} + \frac{K_3 v^2}{127(\varphi_{пр} \pm i)} + l_3, \quad (4.4)$$

где t_p – время реакции водителя и включение тормозов, $t_p = 1,8$ с;

v – расчетная скорость движения автомобиля, принимаемая в зависимости от категории пересекающихся или примыкающих дорог, км/ч;

K_3 – коэффициент, учитывающий эффективность срабатывания тормозов; $K_3 = 1,2$ – для легковых автомобилей; $K_3 = 1,3-1,4$ – для грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов;

$\varphi_{пр}$ – коэффициент продольного сцепления, который зависит от состояния покрытия, 0,7 – для сухого шероховатого; 0,3 – для мокрого; 0,1 – для условий гололедицы;

i – продольный уклон дороги в долях единицы;

f_v – коэффициент сопротивления качению (формула 4.2);

l_3 – расстояние безопасности, принимают от 5 до 10 м.

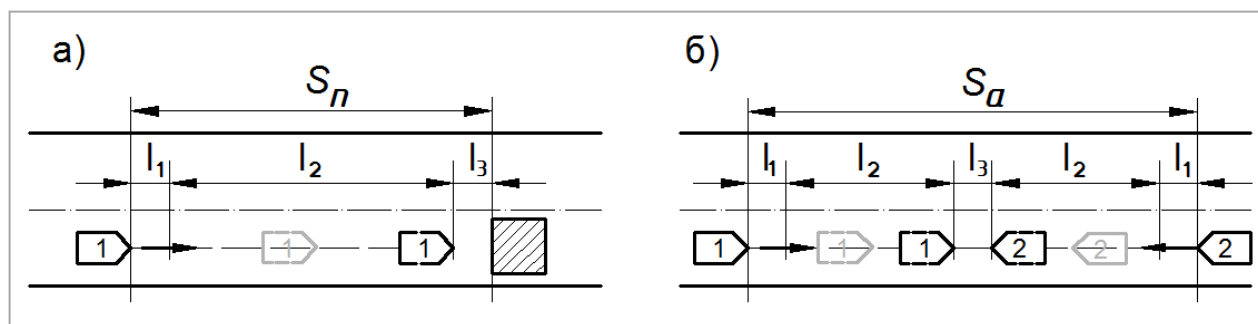


Рис. 4.1- Схемы для определения видимости: а) поверхности дороги, б) встречного автомобиля. l_1 – расстояние, пройденное автомобилем за время реакции водителя и срабатывания тормозной системы; l_2 – тормозной путь автомобиля, l_3 – зазор безопасности.

4.2.3. Определение радиусов вертикальных кривых

Вертикальные кривые описываются по параболе вида:

$$y = \pm x^2/2R_v, \quad (4.5)$$

где R_v – радиус кривизны в начале координат, расположенном в вершине вертикальной кривой.

Минимальные радиусы вертикальных кривых определяют для:

▶ выпуклых – из условий видимости поверхности дорожного покрытия:

$$R_{\min \text{ вып}} = \frac{S_n^2}{2d}, \quad (4.6)$$

где d – возвышение глаз водителя легкового автомобиля над поверхностью проезжей части, $d=1,2$ м;

▶ вогнутых – из условия ограничения величины центробежной силы. За критерий принимают самочувствие пассажира и перегрузку рессор:

$$R_{\min \text{ вогн}} = \frac{v^2}{13a}, \quad (4.7)$$

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

a – допустимое центробежное ускорение, $a = 0,5 - 0,7$ м/с².

Рекомендуемые радиусы вертикальных кривых определяют:

▶ выпуклых - из условия видимости встречного автомобиля:

$$R_{\text{рек вып}} = \frac{S_a^2}{2d}. \quad (4.8)$$

▶ вогнутых – из условия обеспечения видимости проезжей части в ночное время:

$$R_{\text{рек.вогн}} = \frac{S_n^2}{2[h_\phi + S_n \sin(\alpha/2)]}, \quad (4.9)$$

где $h_\phi = 0,75$ м – возвышение центра фары легкового автомобиля над поверхностью проезжей части;

α – угол рассеивания пучка света фар, $\alpha = 2^\circ$.

4.2.4. Определение радиусов кривых в плане

Минимальный допустимый радиус кривых в плане определяют по формуле:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(\mu \pm i_k)}, \quad (4.10)$$

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

μ – коэффициент поперечной силы;

$i_{\text{п}}$ – поперечный уклон проезжей части в долях единицы, принимается для одностатного поперечного профиля (виража) со знаком «плюс», для двустатного поперечного профиля – со знаком «минус».

Коэффициент поперечной силы определяется по формуле:

$$\mu = 0,2 - 0,75v \cdot 10^{-4} \quad (4.11)$$

Полученное значение радиусов для двустатного и одностатного поперечных профилей округляют в большую сторону.

4.3. Оформление раздела «Технические нормы проектирования» в курсовом проекте

В курсовом проекте в соответствии с заданием на проектирование расчет технических норм выполняют в пояснительной записке по формулам 4.3 – 4.10. Рекомендуемые и предельно допустимые нормы проектирования автомобильной дороги назначают по нормативным документам ГОСТ Р или СП [4, 8]. Всю информацию по назначенным и рассчитанным нормам заносят в таблицу. Рекомендуемая форма приведена в табл. 4.7. В первый столбец табл. 4.7 вносят наименование всех технических норм из табл. 4.2 – 4.6, в последний – записывают фактические значения, принятые в курсовом проекте, т.е. столбец заполняется по результатам выполненного проекта.

По результатам проектирования и на основании данных столбца 5 табл. 4.7 в пояснительной записке делают выводы о том, выдержаны ли все нормы проектирования. Если не удалось соблюсти рекомендуемые нормы, то указывают причины. Так же поясняют причины уменьшения норм до предельно допустимых, если их применили для отдельных элементов проекта.

Таблица 4.7

Технические нормы проектирования автомобильной дороги (форма таблицы, рекомендуемая для курсового проекта)

Наименование норм	Величины норм			Величины норм, принятые в проекте
	по (наименование нормативного документа)		Полученные расчетом	
	Рекомендуемые	Минимально допустимые		
1	2	3	4	5

Вопросы для самопроверки

1. Какие технические нормы проектирования дороги определяются климатическими условиями района проектирования?
2. Что такое расчетная скорость движения автомобиля по дороге? Как ее назначить?
3. Какая из перечисленных полос является элементом обочины: краевая полоса или полоса безопасности?
4. Что такое рекомендуемые нормы проектирования автомобильной дороги?
5. Перечислите технические нормы проектирования автомобильных дорог, зависящие от расчетной скорости движения.
6. Охарактеризуйте расчетные схемы определения видимости на автомобильной дороге.
7. Какие условия учитывают при расчете минимальных радиусов вертикальных кривых?
8. Зависят ли технические нормы проектирования автомобильной дороги от дорожно-климатической зоны?

5. ПЛАН ТРАССЫ

Трасса представляет собой пространственную линию и определяется как геометрическая ось автомобильной дороги, проложенная на местности. Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе называется **планом трассы**. Процесс проложения трассы на местности или проложения плана трассы на карте называют **трассированием**.

Трассирование на карте выполняют одним из двух общепринятых способов:

- ▶ традиционным, когда прокладывают теодолитный ход в виде ломаных с последующим вписыванием закруглений в углы поворотов;
- ▶ методом гибкой линейки, когда план трассы сразу прокладывается в виде сплайна – кривой, характеризующейся разной степенью кривизны в каждой точке.

Для проектирования вручную трассирование традиционным методом является предпочтительным, так как требует менее трудоемких расчетов элементов трассы.

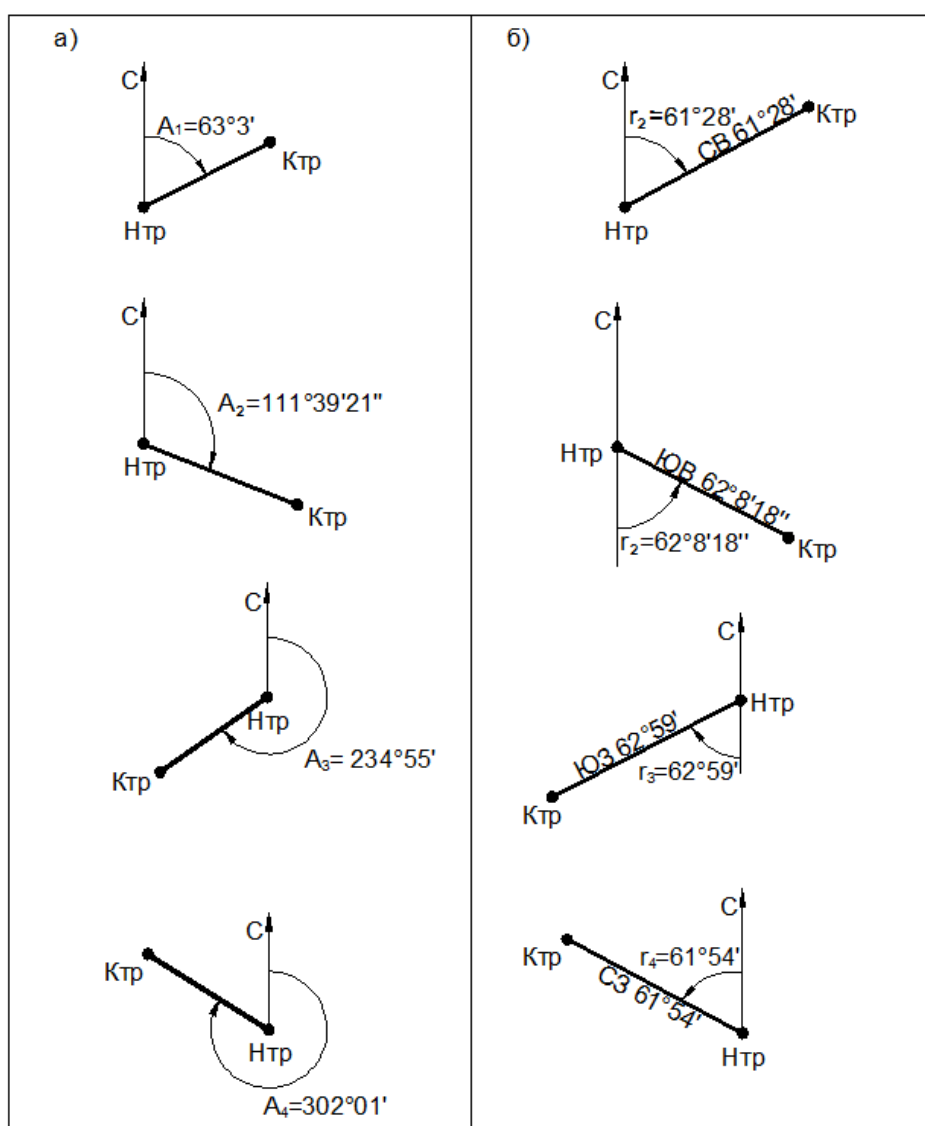
При выборе трассы следует руководствоваться определенными правилами и рекомендациями. Прежде всего, трасса должна удовлетворять требованиям удобного и безопасного движения автомобилей. По возможности она должна удовлетворять условию проложения по кратчайшему расстоянию между начальной и конечной точками трассы, однако следует учитывать, что

длинные прямые трассы способствуют повышению утомляемости водителя, а кривые малого радиуса вызывают дискомфорт и неудобства при движении.

5.1. Элементы плана трассы автомобильной дороги

В плане трассы различают следующие элементы: прямые и горизонтальные кривые. Направление прямых обычно характеризуют азимутом или румбом. Схема для характеристики румбов и азимутов для разных вариантов трассы представлена на рис. 5.1.

Угол поворота трассы - это угол между продолжением исходного направления трассы и его последующим направлением. Различают правые и левые углы поворота трассы (рис. 5.2).



Азимут – угол между северным направлением меридиана (магнитного или истинного) и направлением трассы, отсчитанный по часовой стрелке.

Румб – угол величиной менее 90° между северным или южным направлением меридиана и направлением трассы. Характеризуется величиной угла и направлением.

Рис. 5.1 – Схема для характеристики: а) азимутов; б) румбов трассы.

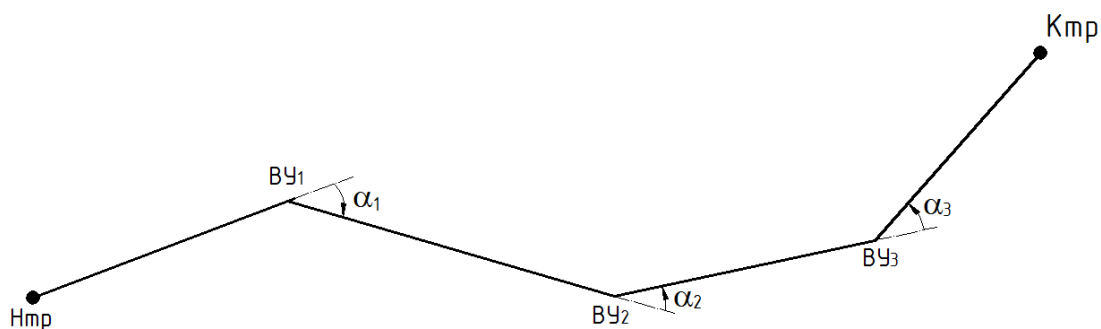


Рис. 5.2 – Теодолитный ход трассы с обозначением углов поворотов: угол α_1 – правый, углы α_2 и α_3 – левые.

В качестве элементов трассы, определяющих план и продольный профиль, следует принимать не только прямые, но и кривые постоянной и переменной кривизны с линейной и нелинейной закономерностью ее изменения. Форма кривых в плане трассы может быть разной: круговые кривые, клотоиды; кубические параболы и др. При проектировании вручную на равнинном типе рельефа местности принято применять круговые кривые и клотоиды. Круговая кривая представляет собой часть дуги окружности и имеет постоянный радиус. **Клотоида** представляет собой спиралевидную кривую, кривизна которой меняется постепенно (рис. 5.3). При проектировании дорог кривую клотоиды чаще всего отождествляют с термином «переходная кривая» из-за ее изменяющегося радиуса (кривизны). Однако в качестве переходной кривой на автомобильных дорогах применяется не только клотоида, но и другие меняющие кривизну математические кривые, например, лемниската Бернулли, кубическая парабола и др. Отождествление клотоиды с термином «переходная кривая» вызвано тем, что при ручном проектировании, а также при проектировании с помощью автоматизированных программных комплексов чаще всего принимается именно клотоида (радиола).

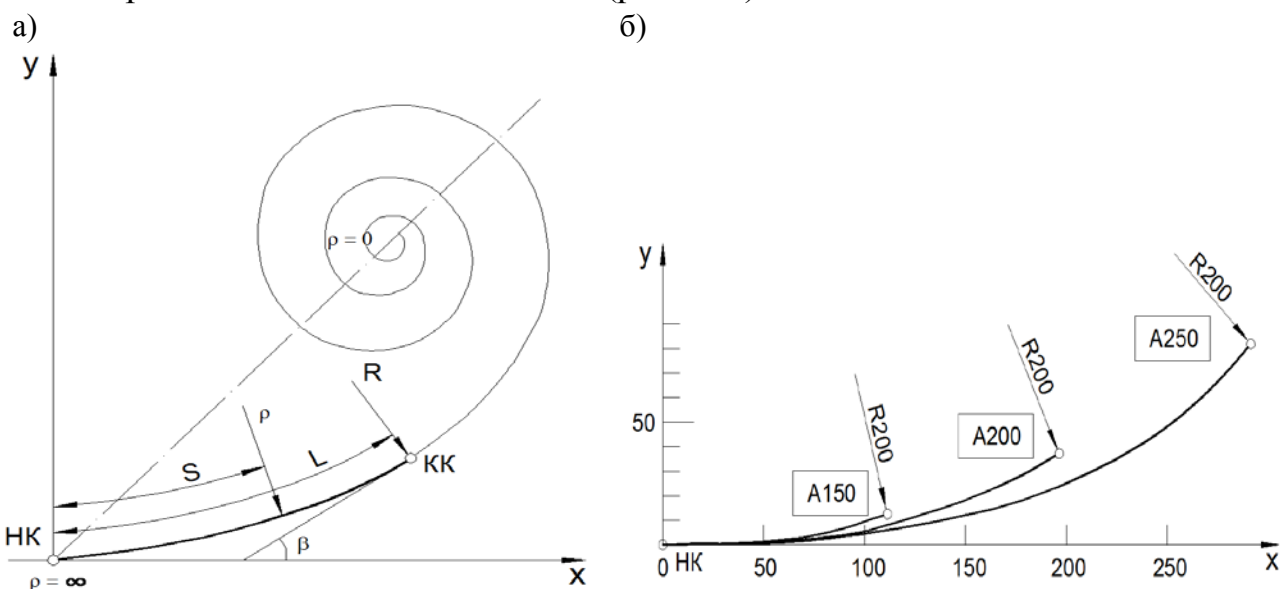


Рис. 5.3 – Схемы для характеристики клотоиды: а) – общий вид, б) – характеристика кривизны.

Клотоида как математическая кривая, представляет собой спираль, радиус кривизны которой непрерывно изменяется от $\rho \rightarrow \infty$ в начальной точке до $\rho = 0$ в бесконечном удалении от начала (рис.5.3 а). Для дорожных закруглений применяется лишь начальный участок клотоиды от $\rho \rightarrow \infty$ до $\rho = R$ на расстоянии L от начала клотоиды [27].

Уравнения клотоиды:

$$\rho = \frac{C}{S}, \quad C = RL = A^2, \quad A = \sqrt{RL}, \quad (5.1)$$

где R – радиус кривизны конца клотоиды;

L – длина клотоиды;

S – расстояние от начала клотоиды до данной точки на ней;

A – параметр клотоиды, характеризующий ее кривизну.

Уравнение клотоиды в прямоугольной системе координат имеет вид [27]:

$$\begin{aligned} x &= S - \frac{S^5}{40C^2} + \frac{S^9}{3456C^6} - \frac{S^{13}}{599040C^6} + \dots; \\ y &= \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^{11}}{42240C^5} - \frac{S^{15}}{9676800C^7} + \dots, \end{aligned} \quad (5.2)$$

где l – длина участка кривой, соответствующего координатам x и y .

Ряды для x и y быстро сходятся, поэтому обычно пользуются тремя первыми членами уравнений. Подставив в формулы 5.2 A^2 вместо C , L вместо S и значение параметра $C=RL$, получим координаты конца клотоиды [27]:

$$\begin{aligned} x_K &= L - \frac{L^3}{40R^2} + \frac{L^5}{3456R^4} - \dots; \\ y_K &= \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3} + \frac{L^6}{42240R^5} - \dots. \end{aligned} \quad (5.3)$$

В плане трассы при радиусах 3000 м и более для I технической категории дороги и при радиусах 2000 и более для всех других технических категорий закругления проектируются по форме круговой кривой (рис. 5.4 а).

Элементами закругления с круговой кривой для угла поворота трассы α являются: тангенс T_0 – расстояние от вершины кривой до начала или конца закругления; биссектриса B_0 – расстояние от вершины угла до середины кривой; кривая K_0 – длина дуги окружности радиусом R_0 ; домер D_0 – величина, показывающая, на сколько путь по ломаной (по двум тангенсам - $2T_0$) превышает длину кривой K_0 .

Элементы закругления по круговой кривой для угла поворота α и радиуса R_0 вычисляют по формулам (5.4) или определяют по таблицам Н.А. Митина [17, табл. 1]

$$T_0 = R_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad D_0 = 2T_0 - K_0; \quad (5.4)$$

$$K_0 = \frac{\pi R_0 \alpha}{180^0}; \quad B_0 = R_0 \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right).$$

При проектировании радиусов закруглений в плане менее 3000 м для I технической категории дороги и менее 2000 м для всех других технических категорий применяют закругления, состоящие из:

- ▶ двух клотоид с круговой вставкой между ними (биклотоида с круговой вставкой) (рис. 5.4 б);
- ▶ двух последовательных клотоид – биклотоида (может быть как симметричной, так и не симметричной) (рис. 5.4 в).

Кривые по форме биклотоиды и биклотоиды с круговой вставкой характеризуют условным наименьшим радиусом закругления, который и указывают при проектировании закругления.

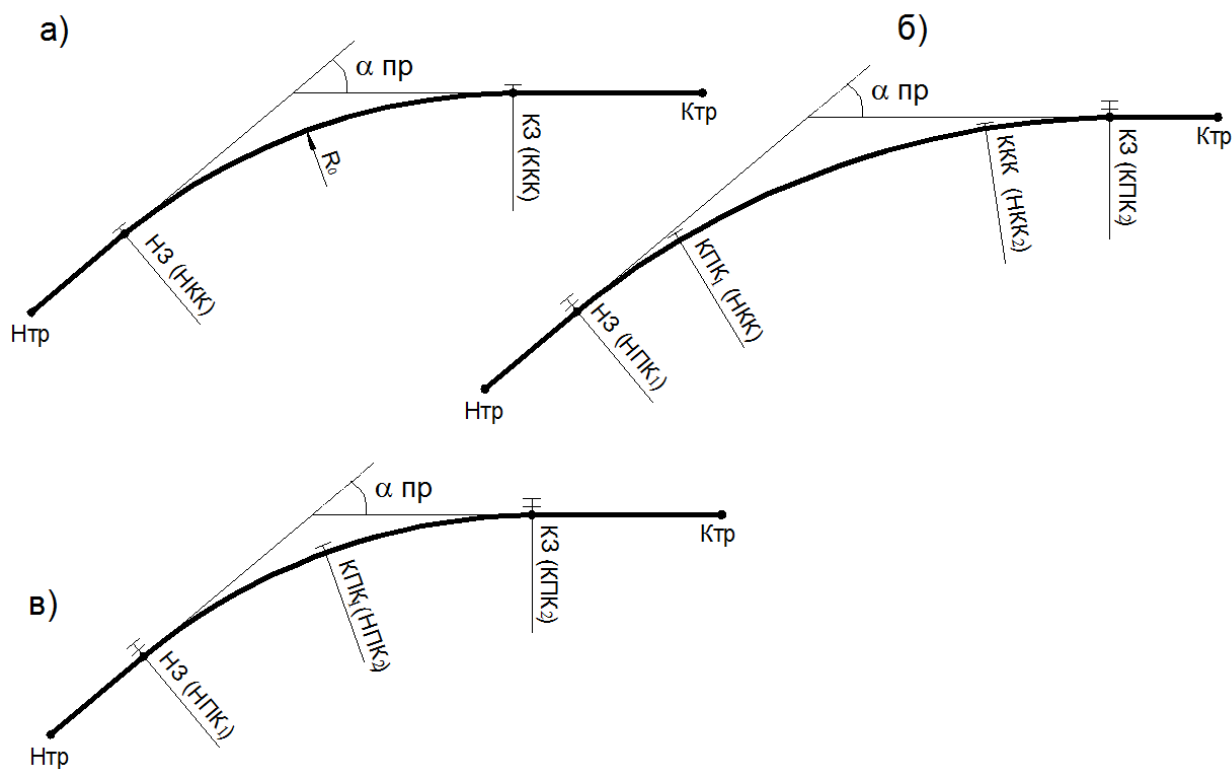


Рис. 5.4 – Закругления в плане трассы: а) круговая кривая; б) биклотоида с круговой вставкой; в) биклотоида.

При расчетах вручную (без применения специализированных программных комплексов проектирования) чаще всего принимают симметричное

закругление с равными клотоидами и круговой вставкой. Основные элементы такого закругления: тангенс (Т), биссектриса (Б), кривая (К), домер (Д). **Тангенс** кривой – расстояние от вершины угла до начала или до конца кривой. **Биссектриса** – расстояние от вершины угла поворота до середины кривой. **Кривая** – длина закругления. Физический смысл домера – величина, на которую расстояние по ломаной (по тангенсам 2Т) через вершину угла больше, чем длина кривой К (рис. 5.5 б).

Подробнее рассмотрим закругление биклотоиды с круговой вставкой радиуса R_0 . Длина клотоиды для закругления зависит от условий движения и радиуса круговой кривой R_0 и рассчитывается по формуле (5.5), а затем назначается по табл. 5.1. В проекте принимают большую из полученных величин.

$$l^n = v^3 / (47JR_0), \quad (5.5)$$

где v – расчетная скорость движения, км/ч;

J – скорость нарастания центростремительного ускорения, м/с³;

R_0 – радиус круговой кривой, м.

Таблица 5.1

Наименьшая длина переходной кривой [4, 5]

Радиус круговой кривой, R_0 , м	60	80	100	150	200	250	300-400	500	600-1000	1000-2000
Длина переходной кривой, l^n , м	40	45	50	60	70	80	90-100	110	120	100

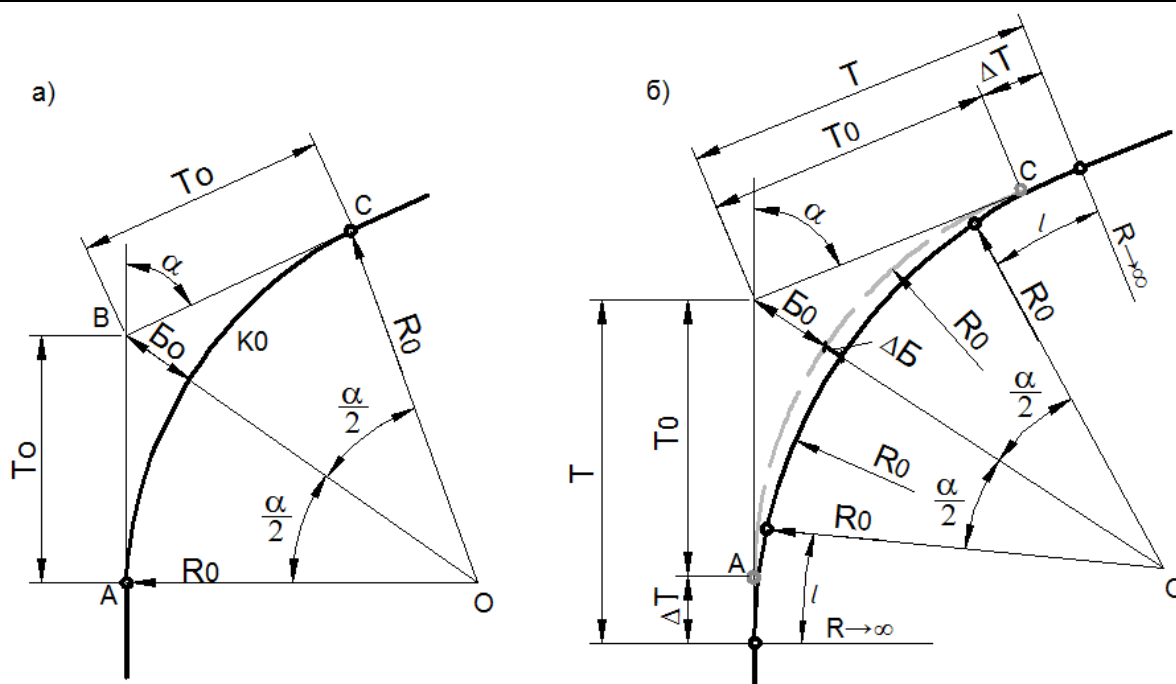


Рис. 5.5 – Элементы закруглений на плане трассы автомобильной дороги:

а) круговая кривая; б) биклотоида с круговой вставкой.

Схема биклотоиды с круговой кривой вставкой приведена на рис. 5.4 б и 5.5 б. По сравнению с круговой кривой радиуса R_0 биклотоида с круговой вставкой радиуса R_0 удлиняется приблизительно на длину одной переходной кривой l'' , при этом каждый ее тангенс T увеличивается на $\Delta T (\Delta T \approx 1/2 l'')$ и биссектриса B увеличивается на величину сдвижки ΔB (рис. 5.5 б). Элементы полного закругления для биклотоиды с круговой вставкой вычисляются по формулам:

$$K = K_0 + l''; \quad T = T_0 + \Delta T; \quad (5.6)$$

$$B = B_0 + \Delta B; \quad D = 2T - K.$$

Величины элементов переходных кривых (ΔT , ΔB) определяют по таблицам Н.А. Митина [17, табл. 6] или по формулам 5.7.

$$\Delta T = ptg \frac{\alpha}{2} + \frac{l}{2} - \frac{l^2}{240R_0^2}; \quad \Delta B = \sec \frac{\alpha}{2} \left(\frac{l^2}{24R_0} - \frac{l^4}{2688R_0^4} \right). \quad (5.7)$$

Расчет элементов закругления можно выполнять по формулам 5.4 – 5.7 или по таблицам Н.А. Митина.

По таблицам Н.А. Митина [17] расчет элементов закругления для известных R_0 ; α , l'' выполняется в следующей последовательности:

- 1) по таблице №1 [17] определяют T_{01} , K_{01} , B_{01} для заданного угла поворота α и для $R_0=1$ м;
- 2) высчитывают значения T_0 , K_0 , B_0 , умножив каждое значение T_{01} , K_{01} , B_{01} на величину R_0 ;
- 3) по таблице №5 [17] в зависимости от заданных R_0 и l'' выбирают значения ΔT и ΔB ;
- 4) окончательные параметры закругления (T , B , K , D) вычисляют по формулам 5.6.

5.2. Требования к трассе автомобильной дороги

Трассирование – это прокладка трассы дороги между заданными пунктами в соответствии с оптимальными эксплуатационными, строительнотехнологическими, экономическими, топографическими и эстетическими требованиями [4].

В соответствии с заданием в курсовом проекте трасса автомобильной дороги должна проходить через опорные пункты - точки А и В в заданном направлении. Трассировать дорогу следует после анализа местных условий по карте и выбора контрольных точек: мест обхода населенных пунктов; пересечений с железными и автомобильными дорогами; пересечений больших водотоков, лесных массивов, пашни, седловин и т.д. Между опорными пунктами с учетом контрольных точек на карте намечают варианты трассы, из которых не

менее двух подлежат детальному сравнению. К плану трассы предъявляются следующие основные требования:

- пересечение трассой железных дорог следует проектировать преимущественно на прямых участках; угол между пересекающимися дорогами не должен быть менее 30° , но рекомендуется стремиться к углу 90° ;

- пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне, а также пересечения трассой дороги водотоков рекомендуется выполнять под углом, близким к прямому;

- автомобильные дороги категорий I - II (III) рекомендуется прокладывать в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. В целях обеспечения в дальнейшем возможной реконструкции дорог принимают расстояние от бровки земляного полотна до линии застройки населенных пунктов в соответствии с генеральными планами дорог, но не менее 200 м [4];

- в отдельных случаях, когда по технико-экономическим расчетам установлена целесообразность проложить дороги категорий I - III через населенные пункты, их проектируют в соответствии с требованиями СП 42.13330.2011 «Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений» и санитарных правил и норм;

- под дорогу следует использовать худшие земли с точки зрения сельского хозяйства;

- трассу следует прокладывать с использованием существующих просек и противопожарных разрывов с учетом категории лесов;

- направление трассы дороги, по возможности, должно совпадать с направлением господствующих ветров в целях обеспечения естественного проветривания и уменьшения заносимости дороги снегом. Это позволит создать условия бесперебойной работы автомобильной дороги в зимнее время. Отклонение трассы от господствующего направления ветров допускается не более чем на 30° .

- в условиях сильно пересеченной местности необходимо стремиться располагать трассу на наветренных склонах косогоров.

- болота дорогами технических категорий I и II обходить не следует;

- не допускается прокладывать трассу дороги по государственным заповедникам и заказникам, а также зонам, отнесенным к памятникам природы и культуры;

- вдоль рек, озер и других водоемов трассу дороги следует прокладывать за пределами защитных (природоохранных) зон;

- в районах размещения курортов, детских лагерей, домов отдыха и т.п. трассу дороги необходимо прокладывать за пределами санитарных зон.

Величины охранных зон определяются документами санитарных норм.

При проектировании дороги в плане следует руководствоваться принципами ландшафтного проектирования, пространственного и оптического трас-

сирования. Дорога должна вписываться в ландшафт. Общие принципы ландшафтного проектирования состоят в следующем:

- для удобства и безопасности движения автомобилей углы поворотов смягчают вписыванием круговых и переходных кривых;

- вершины углов поворотов располагают так, чтобы препятствие находилось внутри угла, а вершина угла была напротив препятствия;

- длину прямых в плане ограничивают по требованиям СП 34.133330.2012 [4] (табл. 5.2);

- радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза, параметры смежных переходных кривых рекомендуется назначать одинаковыми;

- при углах поворота трассы до 8° , наименьший радиус круговой кривой назначают по СП 34.133330.2012 [4] (табл. 5.3);

- не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя кривыми в плане, направленными в одну сторону, при ее длине менее 100 м рекомендуется заменять обе кривые одной кривой большего радиуса, при длине 100 – 300 м прямую вставку рекомендуется заменять переходной кривой большего параметра;

- прямая вставка как самостоятельный элемент трассы допускается для дорог I и II категорий при ее длине более 700 м, дорог III и IV категорий - более 300 м;

- не допускается устраивать кривые малого радиуса в конце затяжных спусков.

Прокладывая трассу, необходимо стремиться к сокращению ее длины, уменьшению строительных объемов работ, проектированию экономичного в эксплуатационном отношении профиля. Сокращение длины трассы достигается путем уменьшения количества углов поворотов; минимального развития трассы в сложных условиях рельефа местности; незначительного отклонения от воздушной линии. Уменьшение строительных объемов работ достигают путем оптимального вписывания трассы в рельеф местности.

Таблица 5.2

Предельная длина прямых в плане трассы

Категория дороги	Предельная длина прямой в плане, м, на местности	
	равнинной	пересеченной
I	3500 - 5000	2000 - 3000
II, III	2000 - 3500	1500 - 2000
IV, V	1500 - 2000	1500

Таблица 5.3

Радиусы круговых кривых при малых углах поворотов трассы

Угол поворота, град.	1	2	3	4	5	6	7 - 8
Наименьший радиус круговой кривой, м	30000	20000	10000	6000	5000	3000	2500

5.3. Трассирование автомобильной дороги.**Заполнение «Ведомости углов поворотов, прямых, кривых»**

В курсовом проекте по основам проектирования рекомендуется применять самый простой способ трассирования – традиционный. Трассирование начинают с проложения теодолитного хода. Особое внимание уделяют контурным и рельефным препятствиям, обход или пересечение которых изложены в п. 5.2 настоящего пособия. Особо сложным проложение трассы представляется при трассировании по склонам. При развитии трассы по склону длина косогорного хода определяется зависимостью:

$$L = \frac{H}{i_{дон}}, \quad (5.8)$$

где H - высота подъема в м; $i_{дон}$ - допустимый продольный угол дороги в долях единицы.

В сложных условиях рельефа местности для оптимального вписывания трассы целесообразно использовать прием трассирования “под циркуль” или “раствором циркуля”. Раствор циркуля (l) определяется по формуле:

$$l = \frac{h}{i_{дон}} \times M, \quad (5.9)$$

где h - превышение в метрах между сплошными горизонталями; M - масштаб карты.

Пример трассирования с развитием трассы по склону приведен в прил. 3.

После нанесения на карту теодолитного хода трассы выполняют расчеты по увязке хода и углов поворотов, заполняя столбцы № 4 – 7 и 24 «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых». Форма ведомости приведена в прил. 4. Углы поворотов α_l и α_{np} и величины румбов (или азимутов) измеряют на карте транспортиром. Величины измеренных румбов (азимутов) заносят в столбец 26.

Зная румб (азимут) начальной прямой линии r_n (A_n) и значение углов поворота α_l и α_{np} , расчетом определяют вычисленные румбы (азимуты) последующих прямых линий r_{n+1} (A_{n+1}) и заносят в столбец 27.

Схема для вычисления румбов представлена на рис. 5.6. Формулы для вычисления r_{n+1} или A_{n+1} определяются в каждом случае по расчетной схеме. Расчетные формулы для r_2 и r_3 , приведенные на рис. 5.6, правомочны только для схемы теодолитного хода этого рисунка или для аналогичного хода.

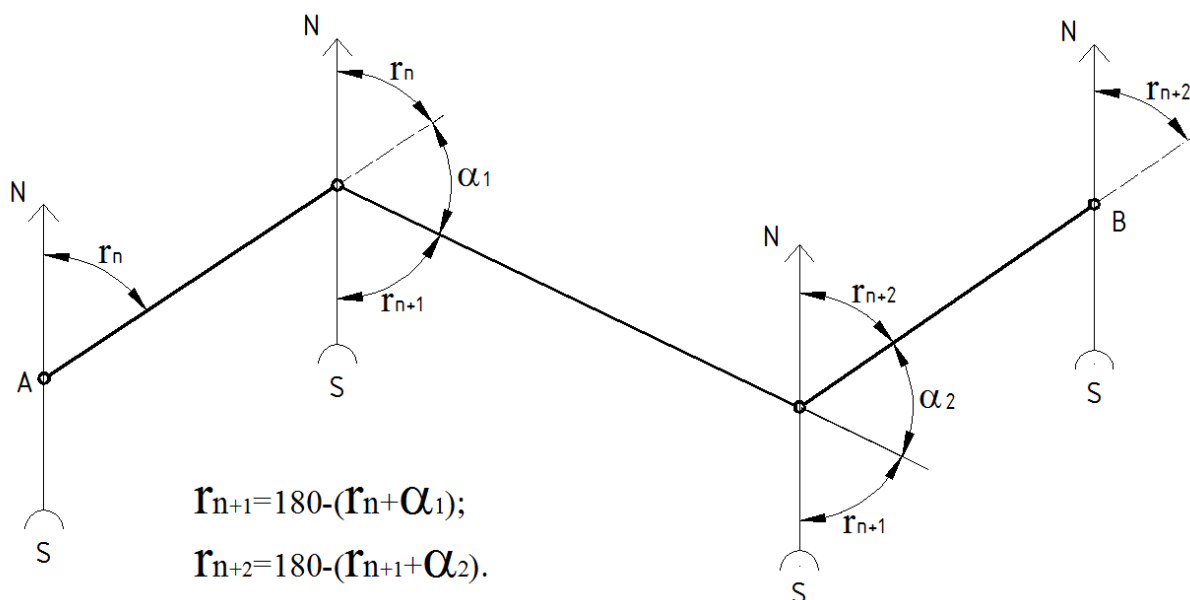


Рис. 5.6 – Схема для вычисления румбов прямых линий.

По окончании расчетов теодолитного хода производится проверка углов поворота и румбов линий по формуле:

$$\sum_{1}^n \alpha_{л} + \sum_{1}^n \alpha_{п} = r_H \pm r_K, \quad (5.10)$$

где $\sum \alpha_{п}$, $\sum \alpha_{л}$ - сумма, соответственно правых и левых углов поворотов;

r_H , r_K - румб начальной и конечной линий трассы;

1,2,3...n - количество углов поворотов.

В формуле (5.10) знак “-” применяют, когда румбы начальной и конечной линии трассы одноименные и находятся в одной четверти. Знак “+” – когда румбы начальной и конечной линии трассы разноименные и находятся в разных четвертях.

После выполнения расчетов элементов теодолитного хода приступают к вписыванию горизонтальных кривых. Форма кривых определяется в зависимости от величины их радиуса. Стараются вписывать рекомендуемые радиусы кривых (табл. 4.3). В случае стесненных условий радиусы кривых постепенно уменьшают, стараясь вписать максимальные возможные радиусы. При этом контролируют минимальные рекомендуемые длины прямых вставок между кривыми.

При равнинном рельефе местности не следует проектировать прямые вставки короче 300 – 450 м между круговыми кривыми, направленными в одну сторону; и короче 200 м – между круговыми кривыми, направленными в разные стороны.

Максимально возможное сближение вершин углов поворота смежных кривых, направленных в одну или разные стороны (рис. 5.7), можно определить величинами тангенсов, длинами переходных кривых и прямой вставки, а

также условиями устройства виража. При устройстве виража на кривых минимальное расстояние между вершинами углов назначают по формуле:

$$L_{\min} = T_{01} + \frac{l_1^n + l_2^n}{2} + T_{02} + m, \quad (5.11)$$

где l_1^n, l_2^n - соответственно, длина первой и второй переходных кривых в м;

T_{01}, T_{02} - соответственно, тангенс первой и второй круговых кривых в м;

m - эксплуатационная вставка (составляет 10-20 м).

При одинаковом уклоне виража на смежных кривых, направленных в одну сторону, прямая вставка может не предусматриваться, тогда минимальное расстояние между вершинами двух углов определится по формуле:

$$L_{\min} = T_{01} + \frac{l_1^n + l_2^n}{2} + T_{02}. \quad (5.12)$$

При радиусах кривых больше 3000 м для дорог I категории и больше 2000 м для дорог остальных категорий смежные круговые кривые можно устраивать сопряженными без прямой вставки. Тогда минимальное расстояние между вершинами двух углов определится по формуле:

$$L_{\min} = T_{01} + T_{02}. \quad (5.13)$$

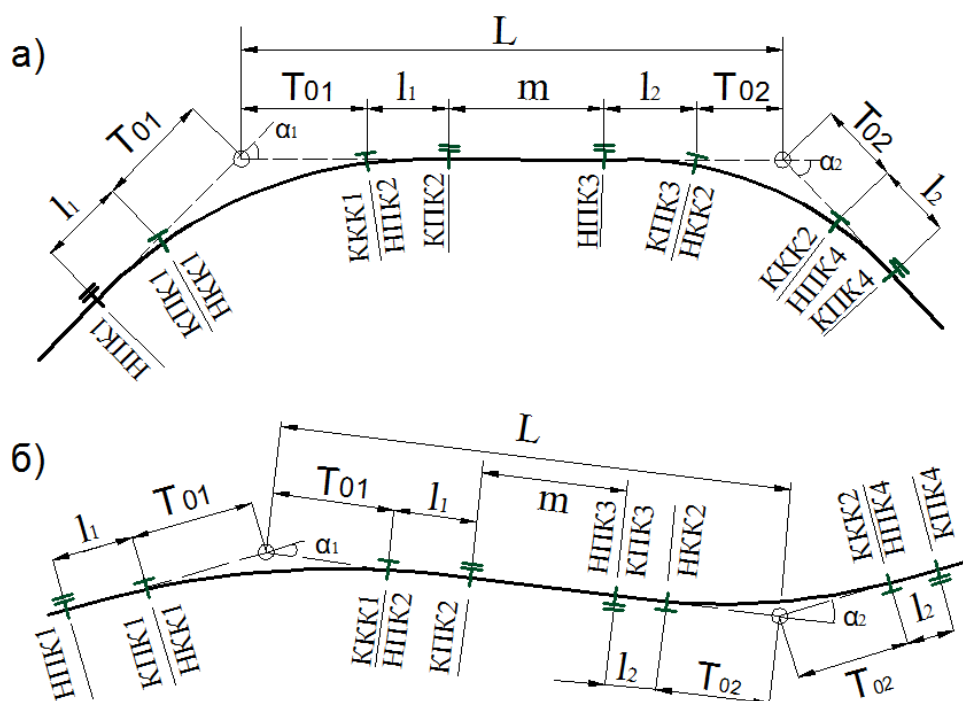


Рис. 5.7 – Схемы для расчета сближения вершин углов поворота: а) кривых, направленных в одну сторону; б) смежных кривых.

Величины элементов закругления рассчитывают по формулам 5.4, 5.6 и при подборе элементов плана трассы корректируют.

По результатам проектирования плана трассы заполняют соответствующую часть «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых», в которой кроме данных об углах поворотов, радиусов закруглений и длин переходных кривых рассчитывают пикетажные положения основных точек трассы: начала и конца каждого закругления, конца трассы и вычисляют длины прямых вставок между кривыми.

При расчетах пользуются значениями элементов полного закругления. Схема для определения пикетажных значений характерных точек трассы приведена на рис. 5.8.

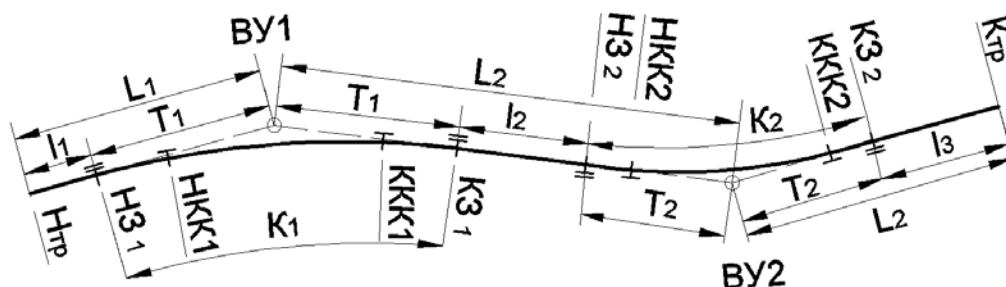


Рис. 5.8 – Схема для определения пикетажных значений характерных точек трассы.

Пикетажные положения вершины угла №1, начала и конца первого закругления определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ПК ВУ}_1 &= L_1; \\ \text{ПК НЗ}_1 &= \text{ПК ВУ}_1 - T_1; \\ \text{ПК КЗ}_1 &= \text{ПК ВУ}_1 + T_1 - D_1 = \text{ПК НЗ}_1 + K_1. \end{aligned} \quad (5.14)$$

Пикетажные значения вершины угла №2, значения начала и конца второго закругления и конца трассы определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ПК ВУ}_2 &= \text{ПК ВУ}_1 + L_2 - D_1; \\ \text{ПК НЗ}_2 &= \text{ПК ВУ}_2 - T_2; \\ \text{ПК К}_\text{тр} &= \text{ПК ВУ}_2 + L_3 - D_2; \\ \text{ПК КЗ}_2 &= \text{ПК НЗ}_2 + K_2 = \text{ПК ВУ}_2 + T_2 - D_2. \end{aligned} \quad (5.15)$$

Длины элементов прямых (l_n) вставок между круговыми кривыми, началом и концом трассы определяют по формулам:

$$\begin{aligned} l_1 &= \text{ПК НЗ}_1 - \text{ПК КР}_1 = L_1 - T_1; \\ l_2 &= \text{ПК НЗ}_2 - \text{ПК КЗ}_1 = L_2 - T_1 - T_2; \\ l_3 &= L_3 - T_2. \end{aligned} \quad (5.16)$$

После заполнения ведомости производят проверку выполненных расчетов по формулам:

$$\begin{aligned} \sum L - \sum D &= \text{ПК К}_\text{тр}; \\ \sum l + \sum K &= \text{ПК К}_\text{тр}; \\ \sum 2T - \sum K &= \sum D; \\ \sum \text{ПК КЗ} - \sum \text{ПК НЗ} &= \sum K. \end{aligned} \quad (5.17)$$

5.4. Разбивка пикетажа трассы на карте

Разбивка пикетажа трассы на карте имеет свои особенности. Это графическая задача, и выполняется она на основе данных завершенной (полностью заполненной и проверенной) «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых».

Пикеты по трассе разбиваются через 100 м и показываются размерами, определенными по правилам оформления чертежей [9,10,11,14], прил.5. Разбивку пикетажа на карте выполняют в следующей последовательности:

- указывают местоположение начала, конца трассы и вершин углов поворотов, по данным «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых»; расстояния между указанными точками измеряют и проверяют их соответствие рассчитанным;

- от вершины каждого угла поворота к началу и к концу закругления откладывают рассчитанную величину соответствующих тангенсов. Полученные точки обозначают условными значками $\overline{T}$ начала ($HЗ_n$) и конца закругления ($KЗ_n$) (прил. 5, 6) и подписывают их пикетажные значения;

- находят местоположение ближайших к точкам начала и конца каждого закругления целых пикетов, обозначают их в соответствии с требованиями (прил. 5, 6);

- между отмеченными целыми пикетами наносят недостающие пикеты;
- подписывают номера каждого пятого пикета трассы и изображают и подписывают километровые знаки.

5.5. Описание варианта плана трассы автомобильной дороги

Описание вариантов трассы дороги представляет краткую характеристику воздушной линии и намеченных вариантов плана трассы.

Воздушной линией трассы называется отрезок прямой, соединяющий точки начала и конца трассы.

При описании воздушной линии указывают, какие точки она соединяет, какие реки пересекает, пересекает ли заболоченные и лесные массивы, пахотные земли, населенные пункты. Оценивают и обосновывают возможность и целесообразность проектировать описываемый участок трассы по воздушной линии.

При описании варианта трассы указывают метод трассирования, количество углов поворотов, обосновывают причины проектирования каждого угла поворота, указывают длину варианта. Описывают участки (пикетажное положение) пересечения вариантом лесных массивов, пахотных земель, прохождения по заболоченной местности, в сложных условиях рельефа. Указывают пикетажные положения пересечения водотоков и суходолов. Направление

участков трассы определяют румбами или азимутами. Радиусы горизонтальных кривых обосновывают.

5.6. Определение величины неправильного пикета

При примыкании одного варианта (или подварианта) трассы к другому, чтобы не разбивать двойной пикетаж на прямых участках, при проектировании можно вводить неправильный пикет (старый термин – рубленый пикет). Не следует путать проектный неправильный пикет с изыскательским. Проектным неправильным будет первый пикет после конца закругления, т.е. после точки схождения вариантов. Его величина должна быть не менее 50 м, но и не более 150 м. Величина неправильного пикета определяется расчетом в зависимости от схемы примыкания вариантов через известные пикетажные значения последнего закругления или последней вершины угла поворота.

В курсовом проекте допускается вычислить величину неправильного пикета по упрощенной схеме: изобразить требуемый неправильный пикет на схеме, определить сдвигку пикетов для вариантов трасс и рассчитать величину неправильного пикета.

Для схемы, представленной на рис. 5.9 а, определение величины неправильного пикета выполняют в следующей последовательности:

- 1) задают вариант трассы, который будет примыкать (на рис. 5.9 а первый вариант примыкает ко второму);
- 2) выбирают местоположение неправильного пикета (первый после конца закругления) и пикеты, которые будут связаны неправильным (в нашем примере это ПК 46 по первому варианту и ПК 60 по второму варианту, т.к. по условию первый вариант трассы примыкает ко второму);
- 3) вычисляют разницу пикетажных значений концов трасс: $6172,16 - 4843,62 = 1328,54$ м;
- 4) исключают целые пикетажные значения из полученной разницы $1328,54 - 1300 = 28,54$ м;
- 5) последовательно определяют расстояния от концов трасс до ближайших пикетов по своему варианту (a - для первого варианта, b - для второго), а также сдвигку между пикетами обоих вариантов (c , d).

Расстояние от ПК 48 до K_{mp1} : $a = 4843,62 - 4800,00 = 43,62$ м.

Расстояние от ПК 61 до K_{mp2} : $b = 6172,16 - 6100 = 72,16$ м.

Расстояние от ПК 48 до ПК 61: $c = b - a = 28,54$ м.

Расстояние от ПК 47 до ПК 61: $d = 100 - c = 71,46$ м.

Искомое значение d для рассмотренной схемы составит величину неправильного пикета.

Схема для изображения величины неправильного пикета на плане трассы представлена на рис. 5.9 б.

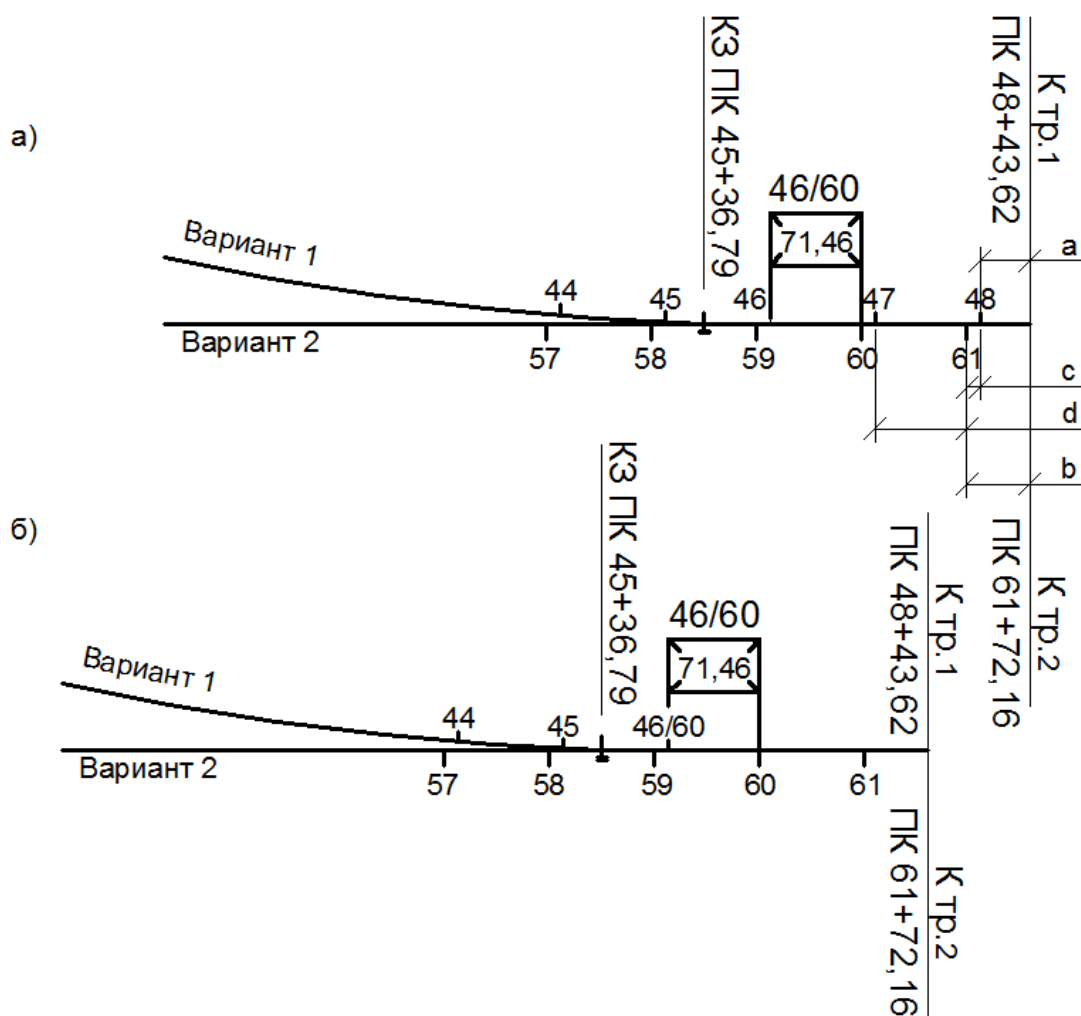


Рис. 5.9 – Неправильный пикет: а) схема для расчета величины неправильного пикета при примыкании первого варианта трассы ко второму; б) оформление чертежа плана трасс с неправильным пикетом на трассе первого варианта.

5.7. Сравнение вариантов трассы

Выбор лучшего варианта трассы в курсовом проекте производят на основе всестороннего анализа технических показателей трасс. При принятии решения по выбору варианта трасс реальных проектов выполняют сравнение не только по техническим показателям, но и на основе технико-экономических расчетов, подтверждающих выбор варианта с позиции экономической целесообразности его строительства и последующей эксплуатации.

При выполнении курсового проекта сравнение вариантов трасс выполняют по следующим техническим показателям:

- 1) длина трассы $L_{тр.}$;
- 2) коэффициент удлинения k_y ;
- 3) число углов поворотов;
- 4) суммарная величина углов поворотов $\sum a$;
- 5) средняя величина углов поворота на 1 км трассы a_{cp} ;

- 6) средний радиус закругления трассы R_{cp} ;
- 7) минимальный радиус закругления;
- 8) количество искусственных сооружений: а) труб; б) мостов;
- 9) число пересечений с существующими железными и автомобильными дорогами: а) в одном уровне; б) в разных уровнях;
- 10) протяженность участков трассы, проходящих в сложных условиях: а) через болота, б) по оврагам и др. ;
- 11) протяженность участков трассы, проходящих по населенным пунктам;
- 12) протяженность участков трассы, проходящих по пахотным землям. Все рассмотренные показатели заносят в таблицу по форме 5.4. При необходимости их количество допускается увеличивать или уменьшать.

Ниже приведены формулы для расчета показателей для сравнения вариантов трасс.

Коэффициент удлинения представляет отношение длины трассы $L_{тр}$ к длине воздушной линии ($L_{вл}$), соединяющей начало и конец трассы:

$$k_y = \frac{L_{тр}}{L_{вл}}. \quad (5.18)$$

Рекомендуемая величина коэффициента удлинения составляет: 1,15 - для равнинной местности; 1,25 - для пересеченной; и 1,5-3,0 - для горной местности.

Средняя величина углов поворота на 1 км трассы определяется по формуле 5.19, а средний радиус закругления трассы - по формуле 5.20:

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum \alpha}{L_{тр}}; \quad (5.19)$$

$$R_{cp} = \frac{\sum K \cdot 57,3}{\sum d}, \quad (5.20)$$

где $\sum K$ - общее протяжение кривых, м,

$\sum \alpha$ - суммарная величина всех углов поворотов независимо от их направления, град.

На основании детального анализа показателей производят выбор наилучшего варианта. В пояснительной записке выполняют подробное описание сравнения вариантов трассы с указанием преимуществ выбранного варианта трассы.

Таблица 5.4

Форма таблицы для сравнения вариантов плана трассы

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателей для варианта		Номер варианта, имеющего преимущество
		I	II	

5.8. Оформление чертежа плана трассы

Оформление чертежа плана трассы в курсовом проекте выполняется на карте масштаба 1:10000 по требованиям для оформления чертежей автомобильных дорог ГОСТ [10, 11].

На карте оформляют 2 варианта трассы. По каждому варианту на всем протяжении трассы разбивают пикетаж через 100 м. Тангенсы кривых показывают пунктиром. Все элементы кривых и прямые выписывают на план трассы из «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых». Наименование каждого варианта трассы указывают на карте, например: вариант 1, вариант 2 и т.д. Принятый вариант трассы оформляют красным цветом. Условные обозначения на плане трассы принимают по ГОСТ, прил. 5. Образец оформления трассы для курсового проекта показан в прил. 6.

На плане трассы в курсовом проекте необходимо указать:

- ▶ пикетажные значения: начала трассы, вершины каждого угла поворота; начала каждого закругления, конца каждого закругления; начала каждой круговой кривой; конца каждой круговой кривой;
- ▶ километровые знаки и пикеты (подписывать можно каждый пятый пикет);
- ▶ длины и азимут (или румб) каждой прямой вставки: от начала трассы до начала первого закругления; между каждыми последовательными закруглениями (первым и вторым, вторым и третьим и т.д.); от конца последнего закругления до конца трассы;
- ▶ проектируемые трубы и мосты; подписать их пикетажные значения; диаметр трубы или длину моста;
- ▶ местоположение и информацию о реперах.

5.9. Последовательность выполнения раздела «План трассы» в курсовом проекте

В состав работ по разделу «План трассы» входят: трассирование вариантов на карте, расчет «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых» (далее «Ведомость...»), оформление раздела пояснительной записки и оформление чертежа плана трасс.

Последовательность выполнения раздела проекта «План трассы»:

- ▶ Изучение района проектирования по топографической карте: изучение легенды карты, определение категории рельефа, контурных препятствий, естественных уклонов местности.
- ▶ Трассирование теодолитного хода на карте, измерение углов поворотов, румбов (азимутов) хода.
- ▶ Расчет теодолитного хода трасс: заполнение столбцов 4-7, 24, 26, 27 «Ведомости...», проверка (увязка) хода. Форма «Ведомости...» приведена в прил.4.

- ▶ Подбор закруглений, вписывание горизонтальных кривых на плане (карте): определение форм и радиусов кривых. Заполнение «Ведомости...», столбцы 8-19. Проверка вычислений «Ведомости...».
- ▶ Определение пикетажных значений основных точек трасс. Заполнение «Ведомости...», столбцы 2, 3, 20-23, 25.
- ▶ Разбивка пикетажа трассы на карте: графическое оформление пикетажа на трассе (прил. 5, 6).
- ▶ Сравнение вариантов трасс: расчет показателей для сравнения вариантов, заполнение таблицы 5.4, обоснование выбора.
- ▶ Расчет величины неправильного пикета: вычерчивание расчетной схемы, выполнение вычислений.
- ▶ Оформление пояснительной записки – раздел «План трассы»: описание воздушной линии и вариантов плана трасс, оформление «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых».
- ▶ Оформление чертежа плана трассы на карте: условные знаки представлены в прил. 5, образец оформления – прил. 6.

Вопросы для самопроверки

1. Понятия «трасса», «трассирование».
2. Назовите элементы плана трассы и сформулируйте требования к ним.
3. Каковы требования по трассированию автомобильной дороги?
4. Формы кривых плана трассы. При каких условиях допускается проектировать круговые кривые в плане трассы?
5. Клотоида: форма, характеристика кривой.
6. Элементы закругления.
7. Формулы для расчета пикетажных значений точек трассы: вершины угла поворота №1, вершины угла поворота №2, начала второго закругления, конца второго закругления, конца трассы.
8. Как описать вариант трассы?
9. Понятие «неправильный пикет».
10. Перечислите технические показатели для сравнения вариантов трассы.

6. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

6.1. Общие положения

Продольный профиль является основным документом проекта автомобильной дороги. Вычерчивается продольный профиль по строго установленной форме по ГОСТ 21.1207 [10]. При оформлении продольного профиля используют, как правило, три основных цвета:

- ▶ - черный – для непроектных (исходных) данных: линия земли, фактические отметки земли;
- ▶ - красный – для проектных данных: проектная линия; проектные отметки и элементы, рабочие отметки;
- ▶ - синий – уровни воды, в том числе грунтовой, отметки уровней воды, уровни подпора воды перед трубами, привязка точек нулевых работ.

Исходными для проектирования продольного профиля являются: отметки поверхности земли по оси дороги и грунтовой разрез.

6.2. Подготовка листа продольного профиля к работе. Расчет размера листа чертежа

Вычерчивается продольный профиль учебного проекта на миллиметровой бумаге высотой 40 см по форме, установленной ГОСТ [10]. Работу по подготовке миллиметровой бумаги для разработки продольного профиля начинают с расчета длины листа. Схема для расчета и основные элементы оформления будущего чертежа представлены на рис. 6.1. Длина листа определится по формуле:

$$L_{\text{листа}} = 30,5 + L_{\text{тр}}, \quad (6.1)$$

где 30,5 см – длина листа для сетки продольного профиля, основной надписи, отступов и полей;

$L_{\text{тр}}$ – длина трассы в масштабе 1:5000, см.

Для подготовки листа для проектирования продольного профиля (рис. 6.1) потребуются следующие данные:

- ▶ длина трассы берется из «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых» и пересчитывается для масштаба 1:5000 (1 см = 50 м);
- ▶ таблица контрольных и руководящих отметок, состоящая из 4 строк высотой по 5 мм и ограниченная длиной трассы;
- ▶ сетка (таблица) продольного профиля по размерам, установленным ГОСТ 21.1207 (рис. 6.2);
- ▶ основная надпись на чертеже выполняется по требованиям ГОСТ 21.1701 [9] и методических рекомендаций ВоГУ по оформлению курсовых проектов [12].

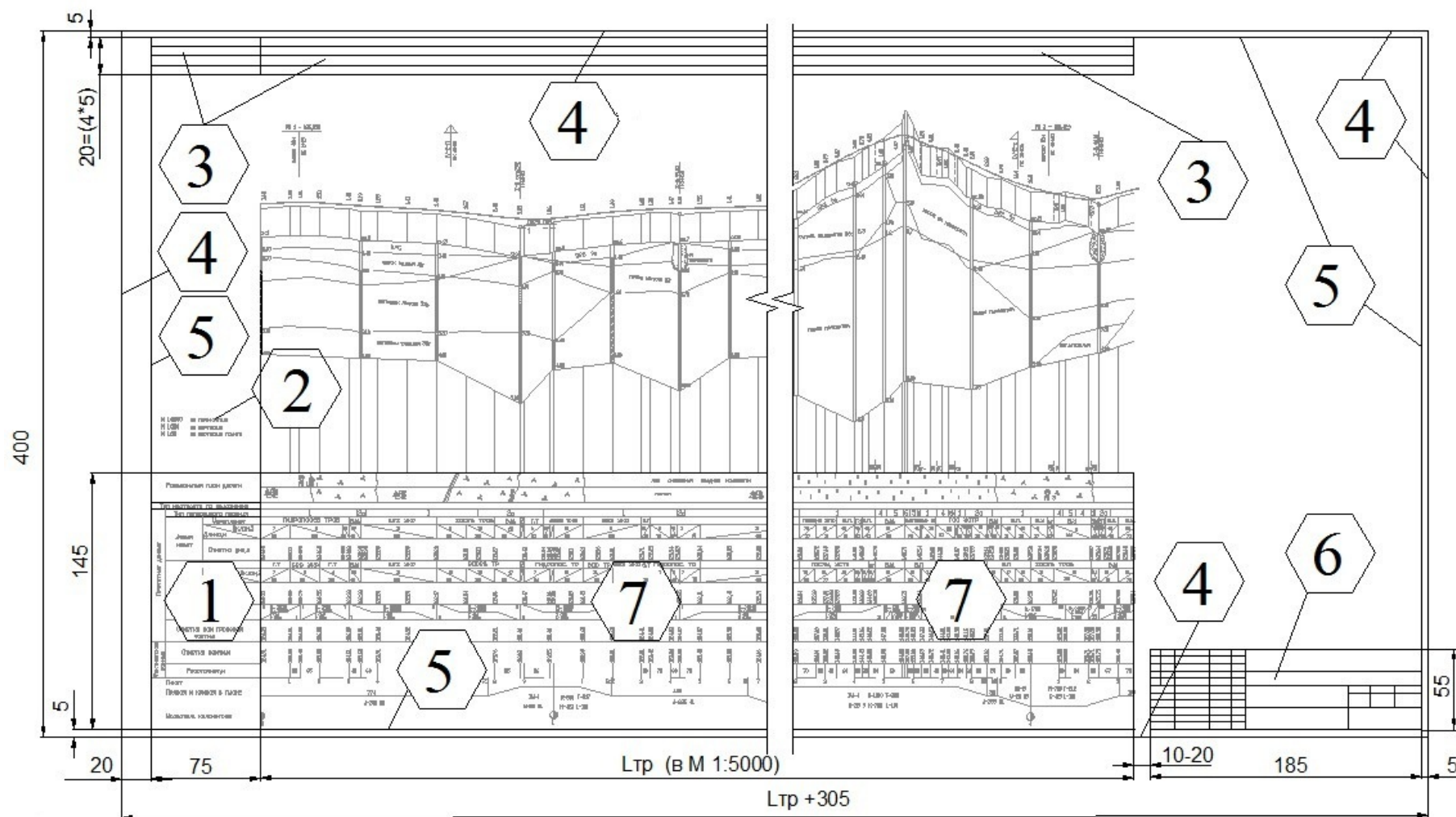


Рис. 6.1 – Лист для продольного профиля. 1 – сетка (таблица) продольного профиля, 2 – масштабы продольного профиля, 3 – таблица контрольных и руководящих отметок, 4 – линия обрезки листа, 5 – рамка чертежа, 6 – основная надпись чертежа (штамп), 7 – строки продольного профиля. Размеры указаны в мм

Надписи в сетке продольного профиля выполняются аккуратно, чертежным шрифтом черным и красным цветом; высота строчных букв 2,5 мм. Строки 2-11 и 14 подписывают и заполняют данными красного цвета, строки 1, 12 и 13 - черного цвета. Номера строк продольного профиля, подписанные на рис. 6.2 в кружочках, на чертеже не указывают.

6.3. Нанесение элементов плана трассы на продольный профиль

Заполнение продольного профиля начинают со строки №14 (рис. 6.2) и внесения в нее информации, известной в результате проектирования плана трассы и заполнения «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых».

Масштабы профиля назначают стандартными по ГОСТ 21.1701 [9]. В курсовом проекте принимают масштабы: горизонтальный 1:5000; вертикальный 1:500; вертикальный для грунтов 1:50 (в исключительных случаях 1:100).

Тип местности по увлажнению				5	1
Проектные данные	Тип поперечного профиля	слева		5	2
		справа		5	3
	левый кювет	Укрепление		5	4
		Уклон, ‰, длина, м		10	5
		Отметка дна		15	6
	правый кювет	Укрепление		5	7
		Уклон, ‰, длина, м		10	8
		Отметка дна		15	9
	Уклон, ‰, вертикальная кривая, м			10	10
	Отметка оси дороги, м			15	11
Фактические данные	Отметка земли, м			15	12
	Расстояние, м			10	13
Пикет Элементы плана Километры				20	14
</					

Рис.6.2 - Сетка (таблица) продольного профиля, размеры указаны в мм.

В строке № 14 продольного профиля указывают все пикеты трассы, показывают километровые знаки и по данным «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых» вычерчивают и подписывают элементы плана трассы. Условные обозначения для строки №14 принимают по ГОСТ 21.1207 [10] или по прил.7. Пример заполнения строки №14 продольного профиля показан на рис. 6.3.

В строке № 14 продольного профиля кроме пикетов, километровых знаков и элементов плана можно указывать информацию о ситуации плана трассы: лесные массивы и их границы; реки; болота и их границы; застройку и т.д. Условные обозначения элементов ситуации принимают такими же, какими они установлены условными обозначениями карт и планов [11, 14]. Условные знаки применительно к различным масштабам приводятся в специальных каталогах, издаваемых Главным управлением геодезии и картографии (ГУГК), и являются обязательными для всех учреждений.

При автоматизированном проектировании над строкой № 1 в сетку продольного профиля добавляется дополнительная строка, называемая «Развернутый план дороги», в которой указывают ситуацию (рис. 6.3 б).

Строка №14 продольного профиля содержит информацию о плане трассы и ее необходимо уметь прочесть. Например, на рис. 6.3, представлена следующая информация: изображен участок от ПК 0 до ПК 25+10 (без учета разрыва чертежа). Трассы дороги начинается с ПК 0+00 прямой в плане с азимутом $A_1=297^{\circ}24'$, длина прямого участка равна 456,77 м. Первый угол поворота трассы – правый $34^{\circ}12'$. На ПК 4+56,77 начинается первое закругление, состоящее из двух переходных кривых и круговой. Начало первого закругления и начало первой переходной кривой находятся на ПК 4+56,77; конец первого закругления – ПК 8+65,19. Круговая кривая первого закругления начинается на ПК 5+66,77 и заканчивается на ПК 7+55,19. Между первым и вторым закруглением на трассе имеется прямая вставка: азимут вставки $331^{\circ}36'$, длина 501,82 м. Вторым углом поворота на рис. 6.3 не показан. Третье закругление устроено без переходных кривых, радиус круговой кривой третьего закругления составляет 2500 м и т.д. На участке от ПК 5 до ПК 9+50 трасса проходит по пашне, от ПК 21+20 до ПК 25+10 – пересекает местность, заросшую кустарником.

6.4. Определение отметок поверхности земли. Вычерчивание черной линии продольного профиля и геологического разреза

Для проектирования продольного профиля автомобильной дороги необходимо установить линии фактической поверхности земли по оси дороги, начертить «черную линию» продольного профиля и заполнить строки 12, 13 профиля (рис. 6.2).

При подробных технических изысканиях местности продольный профиль вычерчивают по данным нивелировочных журналов. При работе же с топографической картой необходимо предварительно определить отметки пикетных и плюсовых точек путем интерполяции или экстраполяции отметок горизонталей. Плюсовые точки назначают во всех точках изменения крутизны склона, характеризующегося резким изменением густоты горизонталей, на пересечениях железных и автомобильных дорог, в логах суходолов, оврагах, на поймах и в руслах рек и др.

Методом интерполяции отметки пикетов или плюсовых точек определяют, если эти точки расположены между горизонталями с известными отметками (рис. 6.4). При известных отметках двух соседних горизонталей промежуточную отметку (искомую отметку точки) можно определить, исходя из подобия треугольников (рис. 6.4 а), зная шаг горизонталей и измерив расстояние l , т. е. расстояние между горизонталями по карте и расстояние b от одной из горизонталей до искомой точки. Искомое превышение вычисляется по формуле:

$$\frac{x}{h} = \frac{b}{l}; \quad \text{или} \quad x = \frac{bh}{l}, \quad (6.2)$$

где x - искомое превышение точки над горизонталью с меньшей отметкой, м;

h - высота сечения между горизонталями (по данным карты или по заданию), м;

b - расстояние от точки до горизонтали с меньшей отметкой;

l - расстояние между рассматриваемыми точками, мм.

Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали или за пределами горизонталей, отметку определяют экстраполяцией. Схемы для расчета отметок приведены на рис. 6.5.

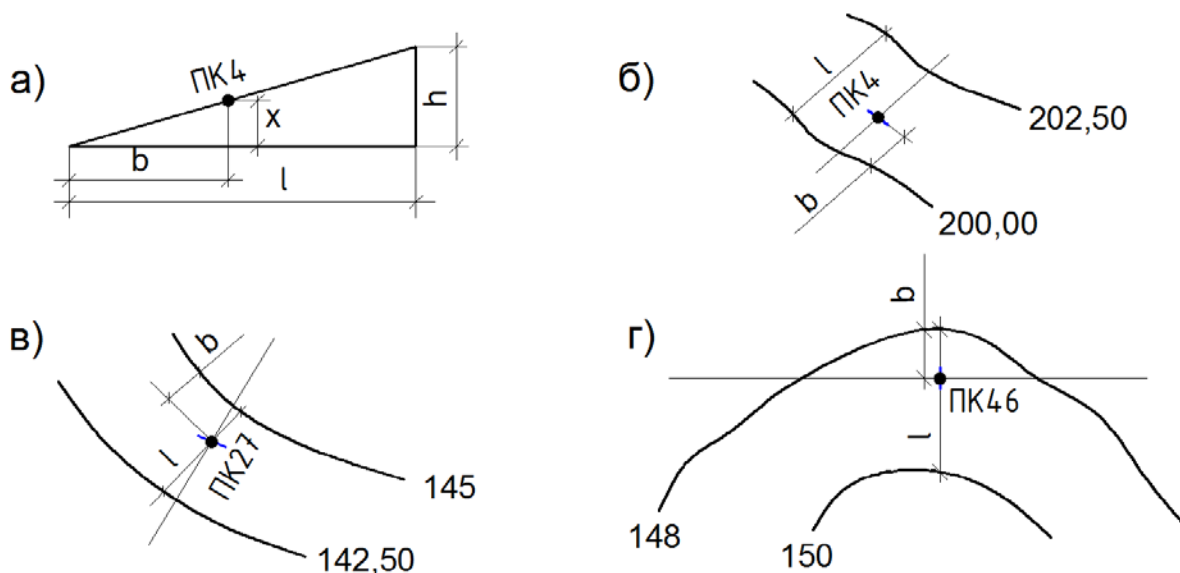


Рис. 6.4 – Схемы для расчета отметок точек методом интерполяции.

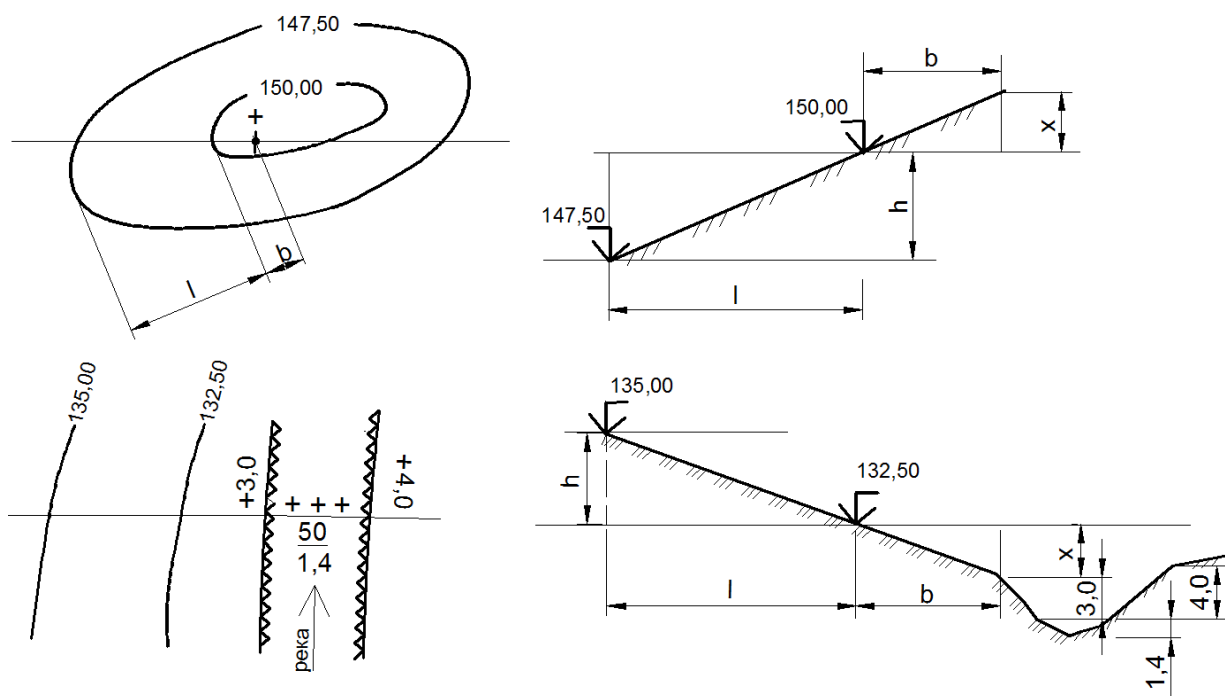


Рис. 6.5 – Схемы для определения отметок методом экстраполяции.

На чертеже продольного профиля наносят линию поверхности земли (черную линию) по отметкам земли по оси дороги. Отметки указывают с точностью до сантиметров. Точки черной линии соединяют ломаной линией. Ниже на 2 см и параллельно линии земли вычерчивают линию грунтового профиля. Под линией грунтового профиля указывают характеристики залегающих грунтов. Места расположения скважин и шурфов назначают в соответствии с рельефом местности. Глубокие скважины, которые нельзя показать в масштабе 1:50, разрывают и цифрами указывают глубину скважин и глубину залегания грунтов. Для равнинного рельефа местности количество геологических выработок на 1 км трассы должно составлять не менее трех. В учебном проекте глубину шурфов назначают не более 2,5 м (обычно от 1 до 2 м), скважины – 5 м, скважины под фундаменты мостов – не менее 7 м. Шурфы и скважины нумеруют. На геологическом разрезе между горизонтами грунтов прямыми линиями очерчивают границы с указанием наименования грунтов, можно указывать и другие сведения о грунтах, например категорию по трудности их разработки. Низ шурфов и скважин соединяют между собой пунктирной черной линией.

Фрагмент геологического разреза продольного профиля представлен на рис. 6.6. В скважинах и шурфах штриховкой показывают консистенцию грунтов, рис. 6.7. Отметки УГВ показывают в каждой скважине и соединяют, обозначив линию уровня грунтовых вод (УГВ). Линия УГВ показывается на чертеже синим цветом. Кроме отметок УГВ на чертеже могут указываться даты замеров уровня воды.

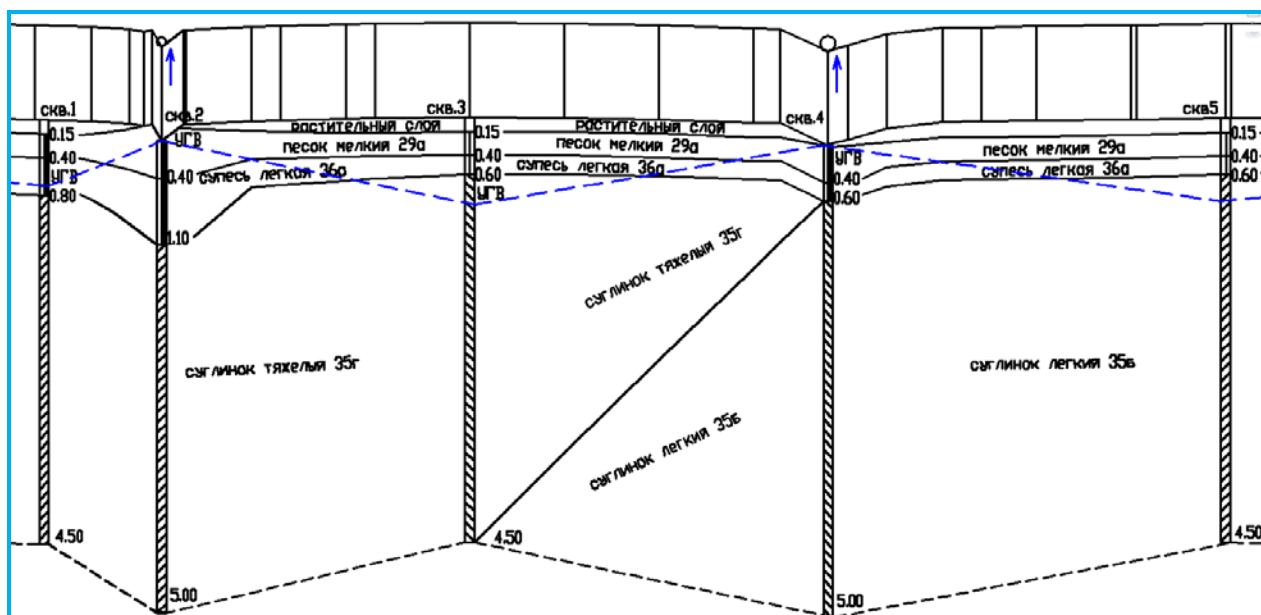


Рис. 6.6 – Фрагмент геологического разреза на продольном профиле.



Рис. 6.7 – Условные обозначения консистенции грунтов на геологическом разрезе продольного профиля.

После нанесения на продольный профиль геологического разреза заполняют строку №1 продольного профиля – тип местности по условию увлажнения. Тип местности по условию увлажнения является важной характеристикой условий проектирования. Его указывают по участкам в строке 1 продольного профиля. Различают три основных типа местности по условиям увлажнения в зависимости от обеспеченности стока поверхностных вод от дороги и влияния грунтовых вод на грунты.

Сток поверхностных вод считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 2‰ в направлении от дороги. Грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегает ниже глубины промерзания не менее чем на 2,0 м в глинах, суглинках тяжелых пылеватых и тяжелых; на 1,5 м - в суглинках легких пылеватых и легких, супесях тяжелых

пылеватых и пылеватых; на 1,0 м - в супесях легких, легких крупных и песках пылеватых.

Описание характерных признаков типов местности по увлажнению определяется по СП 34.13330.2012 [4] или СНиП 2.05.02-85 [5] и зависит от дорожно-климатической зоны (табл. 6.1). Дополнительно к описанным в табл. 6.1, независимо от наличия поверхностного стока к 1-му типу местности по условиям увлажнения относятся участки, где залегают песчано-гравийные или песчаные грунты (за исключением мелких пылеватых песков) мощностью более 5 м при расположении уровня грунтовых вод на глубине более 3 м в зонах II, III и более 2 м в зонах IV, V.

Хотя типы местности по увлажнению имеют свои особенности в каждой дорожно-климатической зоне, кратко их допускается называть тип 1 – сухие места, тип 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года; тип 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением [4]. В строке № 1 продольного профиля указывают только номер типа местности по условиям увлажнения: 1, 2 или 3.

При проектировании продольного профиля принятые проектные решения во многом зависят от видов грунтов, на которых возводится земляное полотно и другие конструктивные элементы автомобильной дороги. Так же принимаются решения о возможности использования местных грунтов для возведения из них полностью или частично земляного полотна. Для принятия таких решений требуется знать свойства грунтов. Ниже приведены самые общие характеристики поведения грунтов, которые будут конкретизироваться и подробно изучаться в разделах «Механики грунтов».

Песчаный грунт - малосвязный, хорошо водопроницаемый. В период дождей связность грунта немного увеличивается. В сухих районах такой грунт требуется укреплять от выветривания. Для поддержания дороги в проезжем состоянии песчаный грунт необходимо укреплять добавками вяжущего. Высота капиллярного поднятия воды в нем 0,2-0,3 м.

Пылеватый песок - малосвязный грунт; сопротивление движению он оказывает большее, чем песчаный грунт. В увлажненном состоянии пылеватый песок менее устойчив, чем песчаный грунт. Высота капиллярного поднятия 0,3-0,5 м. Водопроницаемость у него удовлетворительная, коэффициент внутреннего трения высокий.

Легкая супесь – лучший грунт по дорожным свойствам. Высота капиллярного поднятия воды - 0,3-0,6 м, водопроницаемость удовлетворительная. При удовлетворительном содержании дороги в сухое время года легкая супесь образует ровную поверхность, плотно и легко закатывается автомобилями. В дождливую погоду липкость этого грунта почти отсутствует, он быстро просыхает.

Таблица 6.1

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Тип местности	Признаки и зависимости от дорожно-климатических зон				
	I	II	III	IV	V
1-й	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; мощность деятельного слоя более 2,5 м при непросадочных грунтах влажностью менее 0,7	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы слабо- и средне-подзолистые или дерново-подзолистые без признаков заболачивания	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы серые, лесные слабоподзолистые, в северной части зоны - темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелочные	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы-черноземы тучные или мощные, в южной части зоны - южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы в северной части бурые, в южной - светло-бурые и сероземы
2-й	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы тундровые с резко выраженными признаками заболачивания; мощность сезонно-оттаивающего слоя от 1,0 до 2,5 м при наличии глинистых просадочных грунтов влажностью более 0,8	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы средне- и сильноподзолистые и полуболотные с признаками заболачивания	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы подзолистые или полуболотные с признаками оглеения, в южной части - лугово-черноземные солонцы и солонды	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - сильносолонцеватые черноземы, каштановые, солонцы и солонды	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы - солонцы, такыры, солончаковые солонцы и реже солончаковатые солонцы и реже солончаки
3-й	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы тундровые и болотные; торфяники; мощность сезонно-оттаивающего слоя до 1 м при наличии глинистых сильно-просадочных грунтов, содержащих в пределах двойной мощности сезонного оттаивания линзы льда толщиной более 10 см	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы торфяно-болотные или полуболотные	То же, что для зоны II	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы болотные или полуболотные, солончаки и солончаковатые солонцы	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - солончаки и солончаковатые солонцы; постоянно орошаемые территории

Тяжелая супесь имеет высоту капиллярного поднятия воды 0,5-0,8 м, водопроницаемость ее удовлетворительная. Без крупноскелетных добавок грунт мало устойчив даже в сухой период года.

Пылеватая супесь – малосвязный пучинистый грунт. Высота капиллярного поднятия воды 0,8-1,5 м, водопроницаемость незначительная. В водонасыщенном состоянии он почти целиком утрачивает несущую способность. В сухой период года пылеватая супесь образует много пыли. Грунт хорошо обрабатывается вяжущими материалами.

Легкий суглинок - связный грунт, который часто образует пучины на дорогах. В сухой период при правильном содержании проезд по дороге полностью обеспечивается. Высота капиллярного поднятия воды - 1 -1,3 м.

Пылеватый суглинок по свойствам похож на суглинистый грунт, но менее устойчив во влажном состоянии и более склонен к пучению. Высота капиллярного поднятия воды в нем - 1,5-2,0 м.

Тяжелый суглинок - хорошо связный плотный грунт. Вследствие плохой водопроницаемости вода задерживается в углублениях на поверхности дороги, способствуя быстрому образованию выбоин, что резко ухудшает проезд по грунтовым дорогам. Высота капиллярного поднятия воды - 1,5-2,0 м.

Глинистый грунт обладает способностью набухания и усадки. В сухой период он становится твердым с большой несущей способностью. В мокрый период на грунтовых дорогах образуются колеи, колеса прилипают к грунту. Для поддержания дороги в проезжем состоянии к такому грунту следует добавлять песок.

Скальные, щебенистые и гравелистые грунты, за исключением слабых и быстровыветривающихся горных пород (мергели, мел, глинистые сланцы и др., размокающие от воды), служат хорошим материалом для устройства земляного полотна.

Илистые грунты, торф, гипсоносные, сильно засоленные грунты, черноземы с большим содержанием гумуса имеют большое количество различных примесей и малопригодны для устройства земляного полотна.

Увлажненные *илистые грунты* теряют несущую способность и превращаются в пльвуны.

6.5. Определение контрольных и руководящих отметок проектной линии продольного профиля

Проектная линия характеризует продольный профиль дороги по оси проезжей части. Ее вычерчивают по вычисленным проектным отметкам. При прохождении проектной линии выше линии поверхности земли земляное полотно возводят в насыпи, ниже – в выемке.

Разность между проектной отметкой и отметкой поверхности земли на одном поперечнике называется **рабочей отметкой**; она показывает высоту

насыпи или глубину выемки и вычисляется с точностью до одного сантиметра. Для насыпи рабочие отметки подписывают над проектной линией, для выемки – под проектной линией (рис. 6.20).

Точки перехода насыпи в выемку и наоборот, т. е. точки пересечения проектной линии с линией поверхности земли называются **точками нулевых работ**.

Для нанесения проектной линии существует ряд требований и рекомендаций, соблюдение которых позволит избежать негативного влияния природных факторов на будущую автомобильную дорогу в целом и на ее конструктивные элементы. Обеспечивается выполнение подобных требований и рекомендаций через соблюдение контрольных и руководящих отметок при проектировании проектной линии продольного профиля. Экономичность земляного полотна определяется наименьшей стоимостью его сооружения и эксплуатации. При соблюдении всех требований строительных норм и правил стоимость земляных работ будет наименьшей тогда, когда в процессе проектирования продольного профиля руководящая рабочая отметка не завышена, а при проектировании проектной линии по секущей достигнуто равенство объемов смежных выемок и насыпей.

Контрольные отметки фиксируют положение оси проезжей части дороги по высоте, то есть через эти точки обязательно должна пройти проектная линия продольного профиля. К контрольным отметкам относятся: рабочие отметки начала и конца трассы; отметки проезжей части мостов; отметки бровки (или оси) земляного полотна над водопропускными трубами; отметки головки рельсов и отметки оси или бровки существующей автомобильной дороги.

Руководящие отметки различают двух видов: с приближением к ним проектной линии снизу и сверху. Название отметок говорит само за себя, то есть они в отличие от контрольных отметок не строго фиксируются. Например, оптимальным является проектирование проектной линии продольного профиля с приближением к руководящей отметке снизу при пересечении линий электропередач. Если определена руководящая отметка с приближением снизу, равная 5 м, то насыпь должна быть или равной 5 м, или менее 5 м. Если для определенного участка рассчитана отметка с приближением сверху равная 2,5 м, то это значит, что насыпь должна быть запроектирована выше 2,5 м.

В курсовом проекте рекомендуется записывать контрольные и руководящие отметки в специальной таблице на чертеже продольного профиля (рис. 6.1). Эта таблица выполняет обучающую роль и в реальных проектах на чертежах продольного профиля не приводится.

Отметка моста. Если на момент проектирования проектной линии будущий мост еще не запроектирован, т.е. его проектная отметка неизвестна,

то рассчитывают минимальную отметку проезжей части такого моста. Она является отметкой приближения сверху и определяется по формуле:

$$H_{\min} = H_{\text{в}} + h_{\min} + h_{\text{стр}}, \quad (6.3)$$

где $H_{\text{в}}$ - отметка горизонта высоких вод при расчетном расходе;

$h_{\min}$ - наименьшее возвышение низа пролетного строения над уровнем воды; принимается равным 0,5 м - при подпертой воде, 1,0 м - при корчеходе и селевых потоках;

$h_{\text{стр}}$ - строительная высота пролетного строения до уровня проезжей части, принимается в зависимости от конструкции моста (табл.6.2).

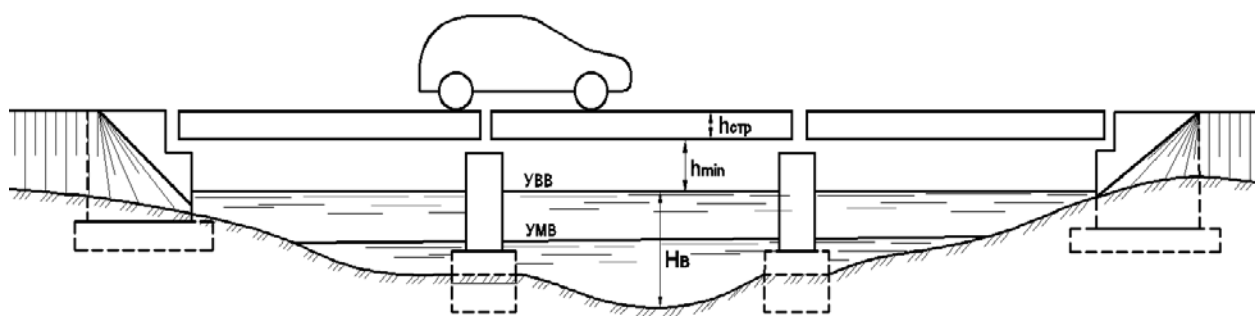


Рис. 6.8– Схема моста для расчета контрольной отметки.

Таблица 6.2

Строительная высота пролетного строения мостов

Конструкция моста	Строительная высота $h_{\text{стр}}$, м
Железобетонные мосты с пролетом до 10 м	0,60
Железобетонные мосты с пролетом от 10 до 20 м	1,20
Балочные мосты с пролетом 20 м	1,30
Балочные мосты с пролетом 30 м	2,50

Высота насыпи в местах устройства водопропускных труб. Наименьшая высота насыпи у труб (отметка приближения сверху) определяется в соответствии со схемой рис. 6.9 по формулам:

для безнапорных труб: $H_{\min} = h_{\text{тр}} + \delta_{\text{ст}} + h_{\text{зап}} + h_{\text{до}}, \quad (6.4)$

для полунапорных и напорных труб: $H_{\min} = H + \Delta, \quad (6.5)$

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

$\delta_{\text{ст}}$ - толщина стенки трубы в м;

$h_{\text{зап}}$ - засыпка над трубой: не менее 0,5 м для железобетонных труб и не менее 0,8 м для металлических гофрированных труб;

H - напор воды перед трубой;

Δ - запас над уровнем подпертой воды принимается: 0,5 м для труб с отверстием менее 2 м и не менее 1,0 м для труб с отверстием более 2 м;

$h_{до}$ - толщина дорожной одежды или в качестве исключения допускается принимать толщину только монолитных слоев дорожной одежды.

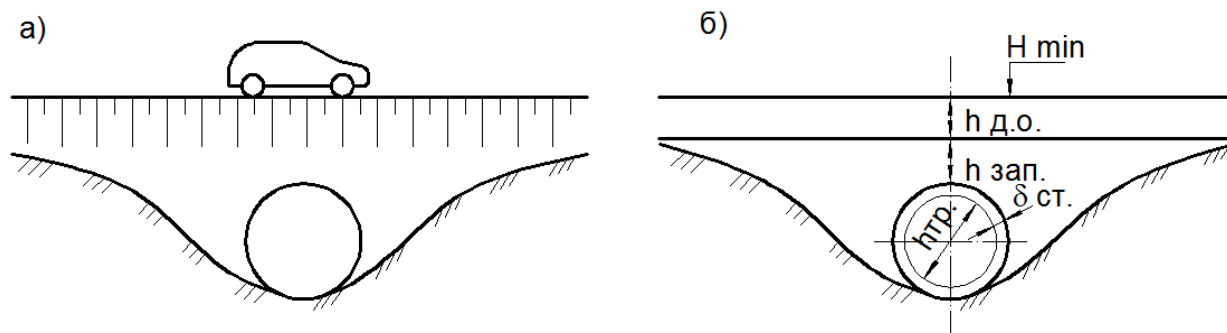


Рис. 6.9 – Расчетная схема для определения контрольной отметки при безнапорном режиме работы трубы: а) общий вид; б) расчетная схема.

Отметки путепроводов. При проектировании путепроводов возвышение проектной линии над отметками пересекаемой проезжей части автомобильной дороги в курсовом проекте можно принять не менее 6,0 м, а над отметками головки рельса пересекаемых железных дорог не менее 7,0 м.

Руководящие отметки из условия уровня залегания грунтовых вод определяются для различных участков по табл. 6.3 на основании требований СП и СНиП [4, 5]. В табл. 6.3 указаны рекомендуемые значения возвышения поверхности покрытия автомобильной дороги над уровнем грунтовых вод. Над чертой указано возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод, под чертой - то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод.

Так как покрытие проезжей части, как правило, имеет двухскатный поперечный профиль, то целесообразно рассчитывать возвышение поверхности покрытия над УГВ для кромки проезжей части, т.е. учитывать ширину проезжей части дороги и величину ее поперечного уклона на расчетном пикете.

С учетом ширины проезжей части и ее поперечного уклона возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод (3-й тип местности по характеру увлажнения) (рис.6.10 а) определяют по формуле:

$$h_{рек} = h_1 - h_{угв} + bi, \quad (6.6)$$

где h_1 - наименьшее возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод (м) в зависимости от вида грунта и дорожно-климатической зоны должно соответствовать требованиям табл. 6.3;

$h_{угв}$ - глубина залегания грунтовых вод (по заданию или по данным изысканий);

b - ширина полосы проезжей части, м;

i - поперечный уклон проезжей части в тысячных долях единицы.

Возвышение поверхности покрытия

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	$\frac{1,1}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{0,75}{0,55}$	$\frac{0,5}{0,3}$
Песок пылеватый, супесь пылеватая	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,8}$	$\frac{0,8}{0,5}$
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	$\frac{2,2}{1,6}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,1}$	$\frac{1,1}{0,8}$
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	$\frac{2,4}{1,8}$	$\frac{2,1}{1,5}$	$\frac{1,8}{1,3}$	$\frac{1,2}{0,8}$

Возвышение поверхности покрытия (для кромки проезжей части) над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод (1-й и 2-й типы местности по характеру увлажнения) определяют по формуле:

$$h_{рек} = h_2 - h_{угв}, \quad (6.7)$$

где h_2 - наименьшее возвышение поверхности покрытия над уровнем поверхности земли (знаменатель в табл. 6.3), м.

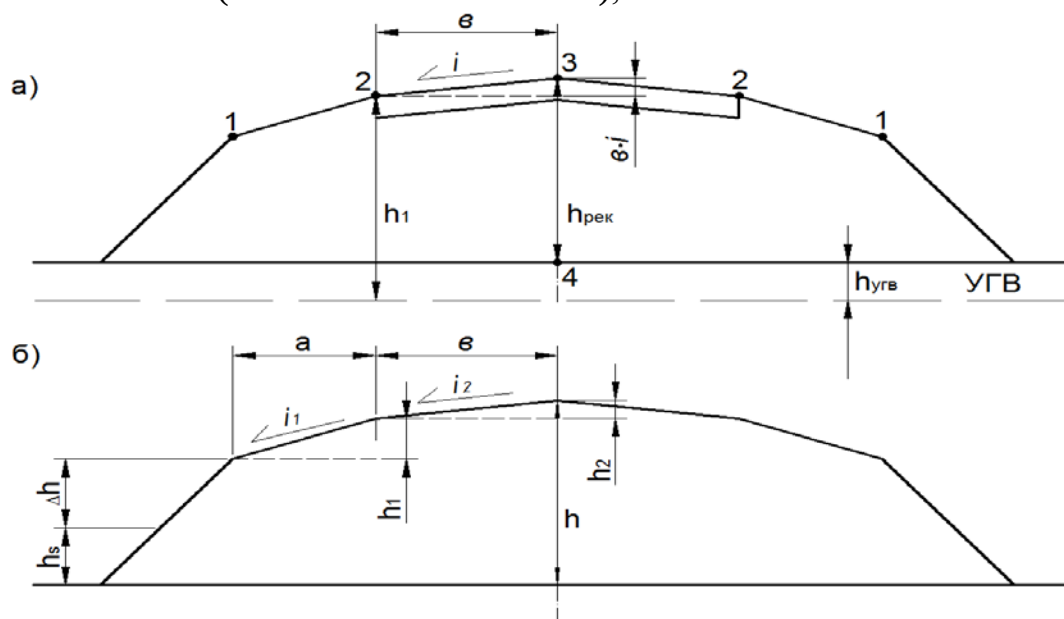


Рис. 6.10 – Схема для определения рекомендуемой рабочей отметки насыпи по условию: а) залегания уровня грунтовых вод; б) снегонезаносимости. 1 – бровка земляного полотна, 2 – кромка проезжей части; 3 – ось проезжей части.

Руководящая отметка по условию снегонезаносимости. В районах проектирования, характеризуемых устойчивым уровнем снегового покрова, различают снегозаносимые и снегонезаносимые участки дорог.

К снегозаносимым относят участки дороги, проходящие по открытой местности и образующие с направлением преобладающих зимних ветров угол более 30° . В качестве преобладающего зимнего ветра необходимо выбирать все возможные направления ветров по розе ветров для января месяца, разница по повторяемости которых не менее 20%, то есть преобладающий зимний ветер может иметь не однозначное направление, например в качестве преобладающих направлений могут быть приняты ветры южный, юго-западный и западный одновременно, если разница в процентах их повторяемости не менее 20%.

На участках дорог, подверженных снежным заносам, рекомендуется проектировать насыпи выше уровня снегового покрова на величину запаса, Δh .

Таблица 6.4

Высота снегового покрова, $h_{\text{сн}}$, см

Населенный пункт	Высота снежного покрова	Населенный пункт	Высота снежного покрова
Брянск	71	Нижний Новгород (Горький)	76
Владимир	72	Новгород	79
Вологда	82	Орел	74
Воронеж	59	Псков	77
Вятка (Киров)	86	Рязань	84
Иваново	74	Самара (Куйбышев)	82
Калининград	40	Санкт-Петербург	70
Калуга	81	Саратов	58
Кемерово	86	Свердловск	91
Кострома	81	Смоленск	79
Краснодар	20	Тверь (Калинин)	84
Курск	54	Тула	76
Москва	90	Челябинск	79
Мурманск	62	Ярославль	73

Высоту насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности по условию снегонезаносимости и во время метелей, определяют по формуле [4]:

$$h_{\text{бр}} = h_{\text{с}} - \Delta h, \quad (6.8)$$

где $h_{\text{бр}}$ - высота незаносимой насыпи, м;

$h_{\text{с}}$ - расчетная высота снегового покрова в месте, где возводится насыпь, с вероятностью превышения 5%, м (при отсутствии указанных данных допускается упрощенное определение $h_{\text{с}}$ по метеорологическим справочникам) (табл. 6.4);

Δh - запас - возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для обеспечения ее незаносимости, м.

Возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова Δh необходимо назначать, м, не менее: 1,2 - для дорог категории I; 0,7 - для дорог категории II; 0,6 - для дорог категории III; 0,5 - для дорог категории IV; 0,4 - для дорог категории V.

Для расчета рабочей отметки насыпи по оси дороги необходимо учитывать поперечные уклоны обочины i_1 и проезжей части i и , соответственно, ширину половины проезжей части b и ширину обочины c (рис.6.10 б). Рекомендуемая рабочая отметка насыпи на снегозаносимом участке определится по преобразованной формуле:

$$h = h_s + \Delta h + h_1 + h_2 = h_s + \Delta h + i_1 c + i b. \quad (6.9)$$

В районах, где расчетная высота снегового покрова превышает 1 м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи над снежным покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке, используя формулу:

$$\Delta h_{sc} = 0,375 h_s B / a, \quad (6.10)$$

где Δh_{sc} - возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки, м;

B - ширина земляного полотна, м;

a - расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем, м; для дорог с регулярным режимом зимнего содержания допускается принимать $a = 8$ м.

В случаях, когда Δh оказывается меньше возвышения бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки Δh_{sc} , в формулы (6.8) или (6.9) вместо Δh вводится Δh_{sc} .

Переезды и пересечения автомобильных дорог с железными. Особые условия предъявляются при проектировании переездов при пересечениях автомобильной дороги с железной в одном уровне. Автомобильная дорога на протяжении 10 м от крайнего рельса при расположении переезда на насыпи и 20 м - в выемке должна иметь в продольном профиле горизонтальную площадку, кривую большого радиуса или уклон, обусловленный превышением одного рельса над другим, когда пересечение располагается в месте закругления железной дороги. Подходы автомобильной дороги к пресечению на протяжении 50 м следует проектировать с продольным уклоном не более 30 ‰ [4, 5].

6.6. Проектная линия продольного профиля

После определения контрольных и руководящих отметок на продольный профиль наносят проектную (красную) линию. Проектная линия имеет следующие элементы: прямые, характеризуемые продольным уклоном спуска или подъема, и вертикальные кривые: выпуклые и вогнутые.

Крутизна подъема или спуска проектной линии характеризуется отношением разности отметок h между крайними точками к расстоянию l между ними. Эта величина называется продольным уклоном. Схема для определения продольного уклона представлена на рис. 6.11.

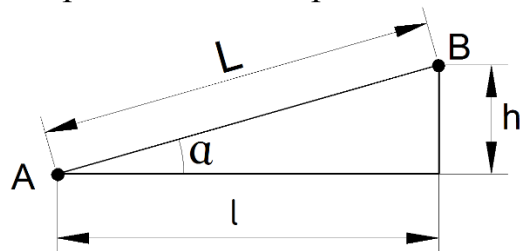


Рис. 6.11 – Схема для определения продольного уклона.

Продольный уклон i есть тангенс угла наклона проектной линии к горизонту:

$$i = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (6.11)$$

Практически на местности измеряется не горизонтальное расстояние l , а длина наклонной линии L (рис. 6.11), поэтому фактически вычисляется не $\operatorname{tg} \alpha$, а $\sin \alpha$. Однако ошибка здесь очень незначительна, так как для малых углов (до 10°), с которыми в большинстве случаев приходится иметь дело, величины тангенса и синуса почти равны. Величину уклона i выражают в промилле, в процентах или в десятичных дробях с точностью до тысячных, на продольном профиле условные знаки ‰ не показывают. Соотношение единиц измерения уклона представляет равенство: $1\text{‰} = 0,001 = 0,1\%$.

Для достижения наиболее высоких показателей работы автомобиля продольные уклоны должны быть возможно более пологими. Удовлетворение этого требования зависит от рельефа местности. В равнинной местности в большинстве случаев такое решение осуществимо без особого труда. В пересеченной местности создание пологого профиля связано с выполнением большого объема земляных работ, увеличением извилистости трассы в плане и ее длины.

Рекомендуемая величина продольного уклона по требованиям СП 34.13330.2012 [4] не должна превышать 30‰. В тех случаях, когда по условиям местности это требование выполнить не представляется возможным или выполнение его вызывает существенное увеличение объемов и стоимости ра-

бот, продольные уклоны дороги исходя из расчетных скоростей движения назначают не более предельно допустимых (табл. 4.4).

Для проектной линии продольного профиля различают выпуклые и вогнутые вертикальные кривые. Каждая ветвь кривой имеет свое наименование, схемы вертикальных кривых показаны на рис. 6.12. Наиболее распространенная форма вертикальных кривых для проектирования продольного профиля вручную – парабола, которая при проектировании характеризуется условным радиусом кривой. Уравнение параболы для проектирования вертикальных кривых:

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (6.12)$$

где R – условный радиус вертикальной кривой.

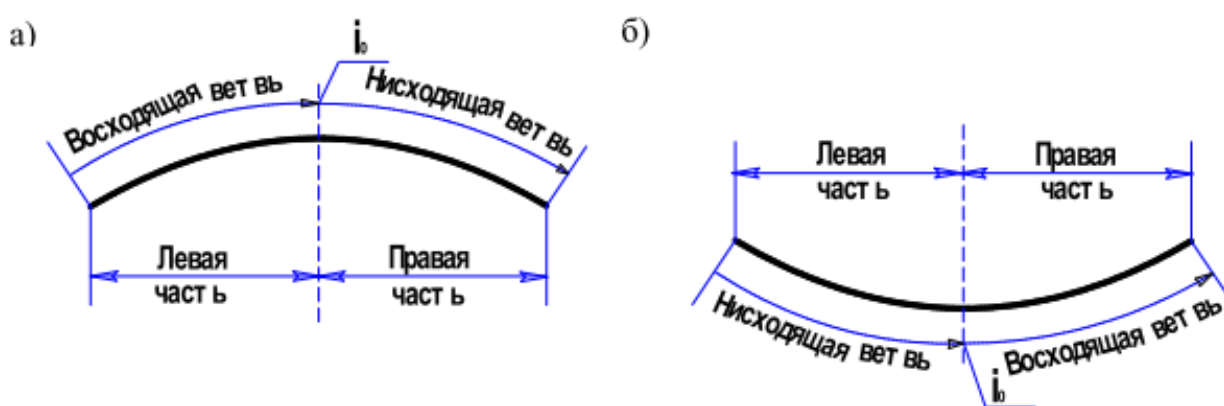


Рис. 6.12 – Виды вертикальных кривых: а) выпуклая, б) вогнутая.

Установив высотное положение контрольных точек и руководящие отметки, намечают вчерне положение проектной линии. Различают два способа проложения проектной линии: по обертывающей и по секущей. Проектная линия, нанесенная по обертывающей, практически повторяет форму черной линии и проходит в невысоких насыпях. По обертывающей красную линию проектируют при относительно спокойном рельефе местности и на дорогах низших категорий.

При нанесении проектной линии по секущей она многократно пересекает линию земли, образуя чередующиеся выемки и насыпи. При проектировании по секущей стремятся обеспечить баланс земляных работ: объем насыпей должен быть примерно равен объему выемок.

Независимо от способа нанесения проектной линии продольного профиля следует стремиться обеспечить пространственную плавность дороги за счет рационального сочетания элементов плана и продольного профиля. Сводом правил [4] сформулированы требования и рекомендации, позволяющие обеспечить пространственную плавность дороги:

- кривые в плане и продольном профиле следует совмещать, при этом кривые в плане должны быть на 100 – 150 м длиннее кривых в профиле, а смещение вершин кривых должно быть не более 1/4 длины меньшей из них;
- следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле, расстояние между ними должно быть не менее 150 м;
- не допускается устраивать кривые малого радиуса в конце затяжных спусков.

6.7. Нанесение проектной линии методом тангенсов

В курсовом проекте предусмотрено проектирование двух продольных профилей для выбранного варианта трассы. В одном продольном профиле проектная линия наносится методом тангенсов, в другом – методом инженера Антонова.

Метод тангенсов предусматривает проектирование проектной линии продольного профиля в виде ломаной с последующим вписыванием в переломы вертикальных кривых. Окончательная проектная линия со вписанными вертикальными кривыми должна обеспечивать соблюдение контрольных и руководящих отметок. Метод является приближенным, что не позволяет применять его при автоматизированном проектировании.

В методе тангенсов при нанесении проектной линии в виде ломаной длину отрезков ломаной назначают по возможности большей – не менее длины тангенсов вертикальной кривой. При смежных вертикальных кривых длина элемента должна быть не менее длины суммы двух тангенсов смежных вертикальных кривых. После нанесения ломаной проектной линии вычисляют проектные отметки каждого перелома (рис. 6.13). Уклоны элементов указывают в промилле, например, 50⁰/₀₀, 38⁰/₀₀. Знак «⁰/₀₀» в продольном профиле не показывают.

По формуле (6.13) выполняют проверку вычислений для ломаной проектной линии:

$$\Sigma(+h) - \Sigma(-h) = H_{\text{нтр}} - H_{\text{ктр}}, \quad (6.13)$$

где $\Sigma(+h)$; $\Sigma(-h)$ - сумма превышений, соответственно, элементов подъема и спуска;

$H_{\text{нтр}}$; $H_{\text{ктр}}$ - проектные отметки, соответственно, начала и конца трассы.

В подготовленную ломаную проектную линию вписывают вертикальные кривые.

Вид кривой определяют по схеме рис. 6.14 в зависимости от вида сопрягаемых элементов.

После увязки положения и высотных отметок точек переломов вычисляют отметки промежуточных (пикетов и плюсовых точек) на прямолинейных участках проектной линии. На этом этапе окончательно заполняют стро-

ки № 10 и 11 продольного профиля, причем в строке 10 вертикальные кривые, запроектированные методом тангенсов, не показываются (рис. 6.15).

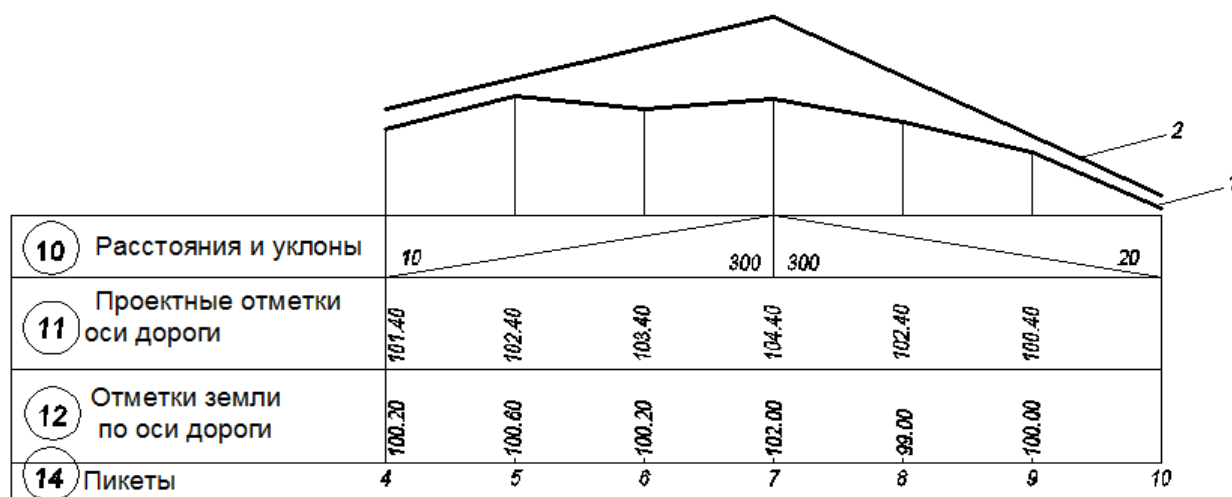


Рис. 6.13 – Фрагмент продольного профиля с проектной линией в виде ломаной: 1 – линия земли; 2 – проектная линия. Цифры в кружках обозначают номера строк в сетке продольного профиля.

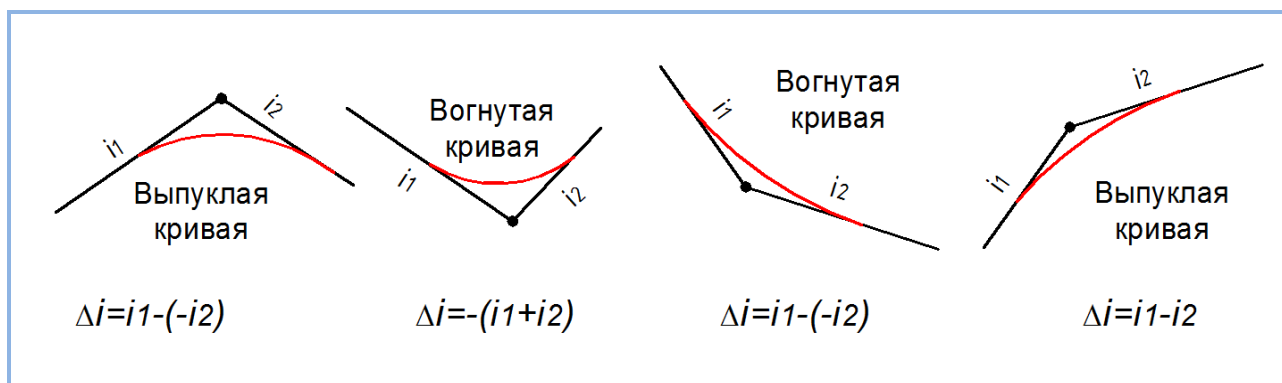


Рис. 6.14 – Схемы для назначения вида вертикальной кривой для метода тангенсов и определения алгебраической разности сопрягаемых уклонов Δi .

Далее определяют рабочие отметки по формуле (6.14) и записывают их возле проектной линии.

$$H_p = H_{пр} - H_z, \quad (6.14)$$

где $H_{пр}$ - проектная отметка оси дороги;

H_z - отметка земли по оси дороги.

Положительное значение рабочей отметки соответствует насыпи, отрицательное – выемке.

Вертикальные кривые вписываются по окружности, но при больших радиусах кривых и сравнительно малых величинах ординат (y) формула вертикальной кривой приобретает вид:

$$y = \frac{x^2}{2R_B}, \quad (6.15)$$

где R_B - радиус вертикальной кривой;

x, y - координаты векторных точек вертикальной кривой.

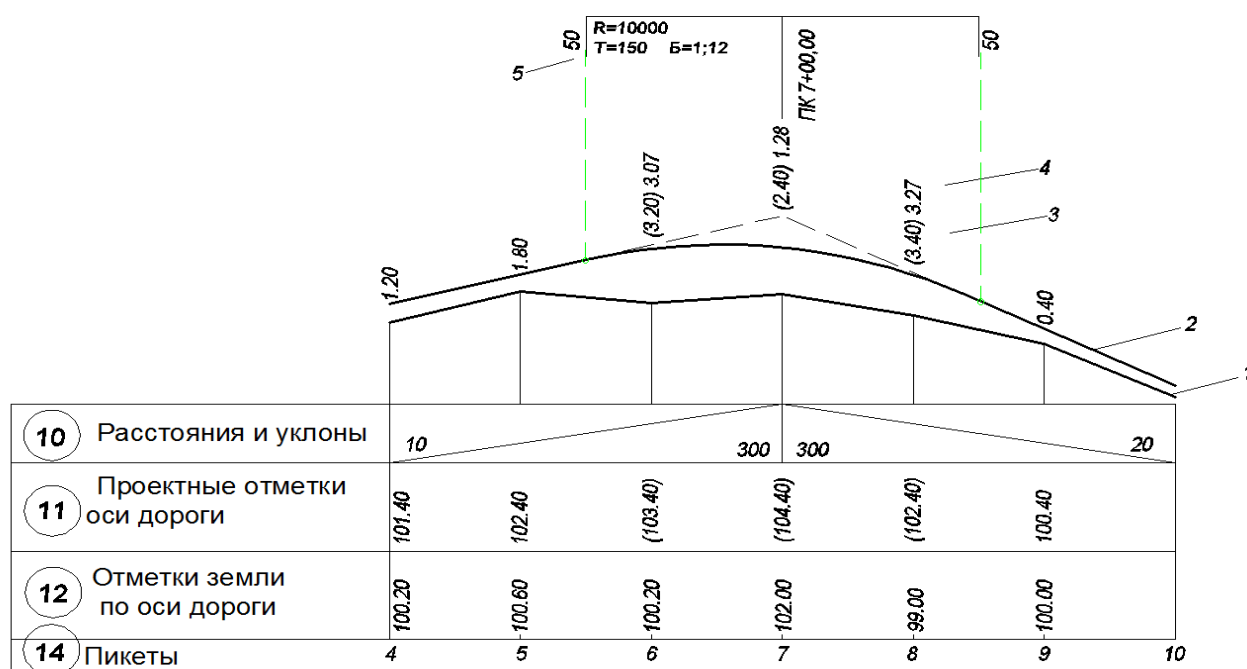


Рис. 6.15 – Фрагмент продольного профиля с проектной линией в виде ломаной: 1 – линия земли; 2 – проектная линия; 3 – рабочая отметка без поправки на кривую, 4 – рабочая отметка с поправкой на кривую; 5 – обозначение вертикальной кривой; 6 – пикетажное положение вершины вертикальной кривой. Цифры в кружках обозначают номера строк в сетке продольного профиля.

Если $X \cong T_B$, то $Y \cong B_B$, тогда элементы вертикальной кривой – биссектриса (B_B), тангенс (T_B), кривая (K_B) – определяются по формулам (6.16) или таблицам [15, 16]:

$$B_B = \frac{T_B^2}{2R_B}; \quad T_B = \frac{R_B(i_1 - i_2)}{2}; \quad K_B = 2T_B, \quad (6.16)$$

где i_1, i_2 - продольные уклоны сопрягаемых элементов.

На плюсовых и пикетных точках для кривой вычисляют поправки к рабочим отметкам по формуле (6.15). При этом учитывают, что значения абсциссы x_1, x_2, x_3, x_4 вычисляются от начала или конца кривой и откладываются горизонтально, а поправки ординаты y откладываются по вертикали от ломаной до вертикальной кривой, схема рис. 6.16.

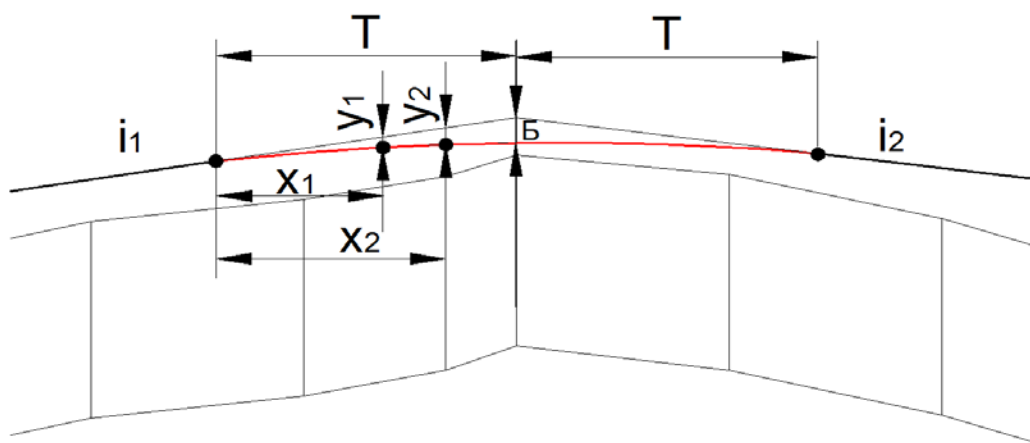


Рис. 6.16 – Схема для расчета поправок на вертикальную кривую в методе тангенсов.

На участках размещения вертикальных кривых на всех характерных точках продольного профиля вычисляют новые рабочие отметки. Величину поправки за счет вписывания вертикальной кривой определяют с использованием формул (6.15, 6.16) или табл. [15, 16]. Оформление продольного профиля при применении метода тангенсов см. [12] и на фрагменте профиля рис. 6.15

Подробно методику расчета вертикальной кривой рассмотрим на примере.

Пример вписывания вертикальной кривой методом тангенсов. Требуется вписать вертикальную кривую радиусом 10000 м (рис. 6.13 и 6.15). Алгебраическая разность уклонов проектной линии:

$$i_1 - (-i_2) = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ или } 30 \text{ ‰}.$$

Тангенс вертикальной выпуклой кривой при радиусе, равном 10000 м:

$$T = \frac{R(i_1 - (-i_2))}{2} = \frac{10000 \cdot 0,03}{2} = 150 \text{ м}.$$

Пикетажные значения начала и конца вертикальной кривой:

$$\text{ПК НК} = \text{ПК ВУ} - T_b = (\text{ПК } 7 + 00) - 150 = \text{ПК } 5 + 50;$$

$$\text{ПК КК} = \text{ПК ВУ} + T_b = (\text{ПК } 7 + 00) + 150 = \text{ПК } 8 + 50.$$

Поправка к рабочей отметке на ПК 7 + 00 будет равна величине биссектрисы:

$$Б = \frac{T^2}{2R} = \frac{150^2}{2 \cdot 10000} = 1,12 \text{ м}.$$

Следовательно, рабочая отметка на ПК 7 + 00 понизится на величину биссектрисы, и новое значение рабочей отметки определится:

$$2,40 - 1,12 = 1,28 \text{ м}.$$

Поправка к рабочим отметкам на ПК 6 + 00 и на ПК 8 + 00 на расстоянии 50 м от начала и конца кривой составит:

$$Y = \frac{X^2}{2R} = \frac{50^2}{2 \cdot 10000} = 0,13.$$

Рабочие отметки с учетом поправок на вертикальную кривую:

- на ПК 6: $003,20 - 0,13 = 3,07$ м;
- на ПК 7 $02,40 - 1,12 = 1,28$ м;
- на ПК 8 $03,40 - 0,13 = 3,27$ м.

6.8. Нанесение проектной линии методом инженера Антонова

С целью сокращения объемов работы по согласованию с преподавателем при выполнении курсового проекта допускается во втором продольном профиле не наносить грунтово-геологический разрез и исключить строки № 2-9 сетки продольного профиля, не определять местоположение точек нулевых работ и рабочие отметки.

Для нанесения проектной линии методом инженера Антонова используют специальный набор прозрачных лекал вертикальных кривых, изготовленных в масштабе продольного профиля с нанесенными на них штрихами в точках кривых с соответствующими уклонами касательных. Пользование шаблонами предполагает обязательное тщательное выполнение чертежно-графических работ. Подробно методика нанесения проектной линии методом инженера Антонова описана в таблицах [17] и методических указаниях [26].

Элементами проектной линии, проложенной методом инженера Антонова, являются вертикальные кривые в форме параболы и прямые. Для аналитического расчета параболы (определение точек, расстояний до точек с определенным уклоном и т.п.) используют таблицы [17] или формулы:

$$l_0 = R_v i ; \quad (6.17)$$

$$h = \frac{l_0^2}{2R_v}, \quad (6.18)$$

где l_0 - расстояние от вершины кривой до точки с уклоном i ;

h - превышение между точкой на произвольном расстоянии от вершины и вершиной кривой;

R_v - радиус вертикальной кривой;

i - уклон в точке, расположенной на расстоянии l_0 от вершины кривой.

Схема для расчета параболы по формулам (6.17) и (6.18) приведена на рис. 6.17.

На основании выполненных расчетов заполняют строки № 10, 11 продольного профиля. При этом вертикальные кривые в строке № 10 показывают в соответствии с условными обозначениями [12, 16, 17] или прил.7.

При проектировании проектной линии продольного профиля методом инженера Антонова возможны различные сочетания последовательных элементов проектной линии, отдельные из них представлены в списке:

- сопряжение вертикальной кривой с прямой заданного уклона;
- сопряжение выпуклой и вогнутой вертикальных кривых;
- последовательное сопряжение выпуклой вертикальной кривой, прямой и вогнутой вертикальной кривой;
- последовательное сопряжение двух выпуклых или двух вогнутых вертикальных кривых и др.

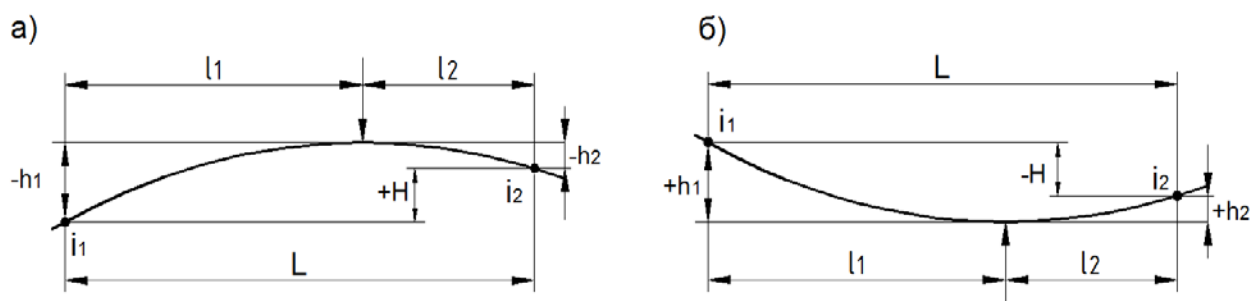


Рис. 6.17 – Схемы для определения элементов вертикальных параболических кривых для метода инженера Антонова: а) выпуклая кривая, б) вогнутая кривая.

Последовательность работы при нанесении проектной линии методом инженера Антонова следующая:

1. На продольный профиль с нанесенной линией земли и геологическим разрезом в строки таблицы контрольных и руководящих отметок (рис. 6.1) записывают вычисленные контрольные и руководящие отметки.

2. На профиль прикладывают прозрачные шаблоны вертикальных кривых метода инженера Антонова, выбирая радиусы, при которых очертание проектной линии будет наилучшим. По шаблонам наносят несколько (обычно от двух до четырех) последовательных элементов проектной линии.

3. Выполняют расчет элементов проектной линии по формулам (6.17), (6.18) и приводят в соответствие чертеж и расчеты.

4. Вновь графически подбирают следующие элементы проектной линии и рассчитывают их.

При нанесении проектной линии необходимо учитывать, что в точках сопряжения элементов проектной линии (переход от кривой одного радиуса к другому или к прямому участку) продольный уклон должен иметь одну и ту же величину и один и тот же знак. На рис. 6.18 показаны некоторые возможные варианты сопряжения элементов. На рис. 6.18 а показана схема последовательного сопряжения выпуклой кривой радиусом R_1 (начало кривой в точке А, вершина - в точке В, конец - в точке С), вогнутой кривой радиусом R_2 (начало кривой в точке С, вершина - в точке D, конец - в точке Е) и выпуклой кривой радиусом R_3 (начало кривой в точке Е). В точках сопряжения кривых

С и Е обе сопрягаемые кривые имеют одинаковые продольные уклоны $-i_1$ в точке С (спуск) и i_2 в точке Е (подъем). На рис. 6.18 б приведена схема сопряжения выпуклой кривой радиусом R_1 , прямой с продольным уклоном i и вогнутой кривой радиусом R_2 , точки сопряжения М и К имеют уклон, равный уклону сопрягающей прямой $-i$. На рис. 6.18 в две выпуклые кривые сопряжены прямой вставкой с продольным уклоном $i=0$, а на рис. 6.18 г сопряжение двух вогнутых кривых радиусами R_1 и R_2 выполнено на нисходящей ветви первой кривой в точке сопряжения с уклоном i .

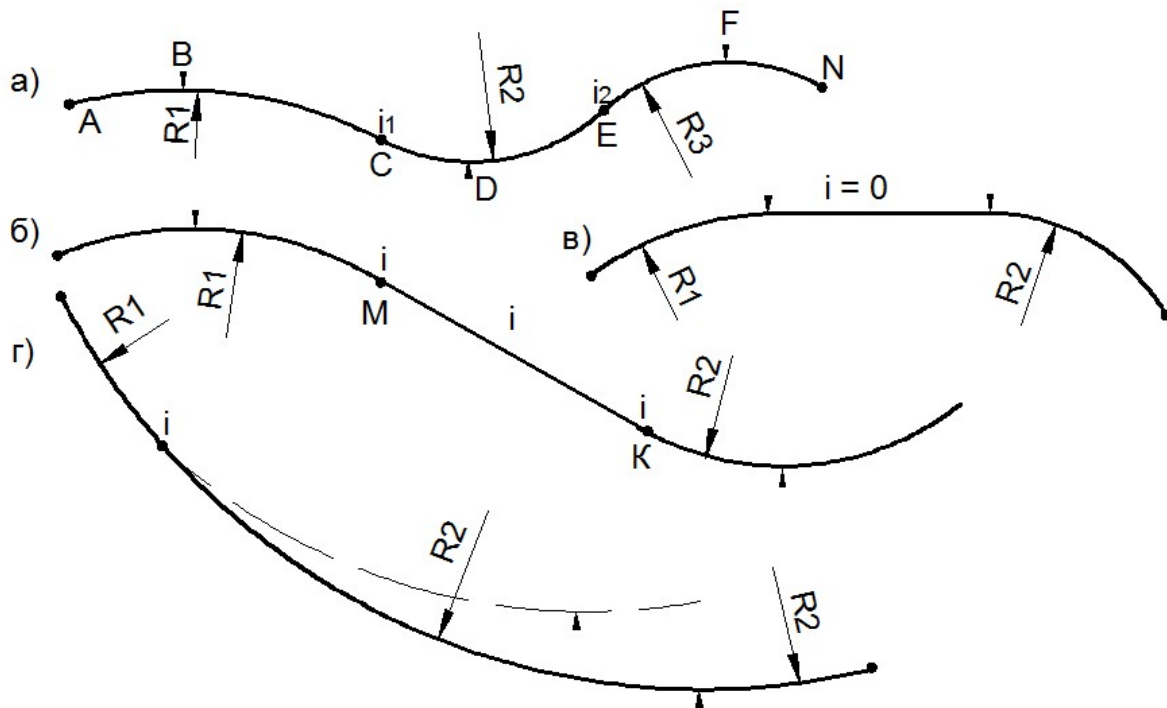


Рис. 6.18 – Схемы сопряжения элементов проектной линии в методе инженера Антонова. Треугольниками на рисунке указаны вершины вертикальных кривых.

Пример расчета выпуклой вертикальной кривой радиусом 10000 м для метода инженера Антонова приведен ниже. Пусть, начало кривой – точка А лежит на ПК 7+00, проектная отметка точки А $h_A=130,00$ назначена графически, продольный уклон проектной линии в точке А задан равным $+15\%$ (подъем). Конец кривой находится в точке В, $i_B = -12\%$. Требуется определить: а) местоположение (пикетажное положение) вершины вертикальной кривой, б) отметку вершины вертикальной кривой, в) пикетажное положение и отметку точки В.

По формулам (6.16) и (6.17) или по таблицам М.Н. Антонова [16] последовательно выполняют расчет расстояний АО и ОВ; превышений точек О и А, О и В; отметок точки О и точки В, пикетажных положений точек О и В. Результаты расчетов сведены в табл. 6.5. По результатам расчетов заполняют строки 10 и 11 продольного профиля и, при необходимости, корректируют графическое изображение кривой.

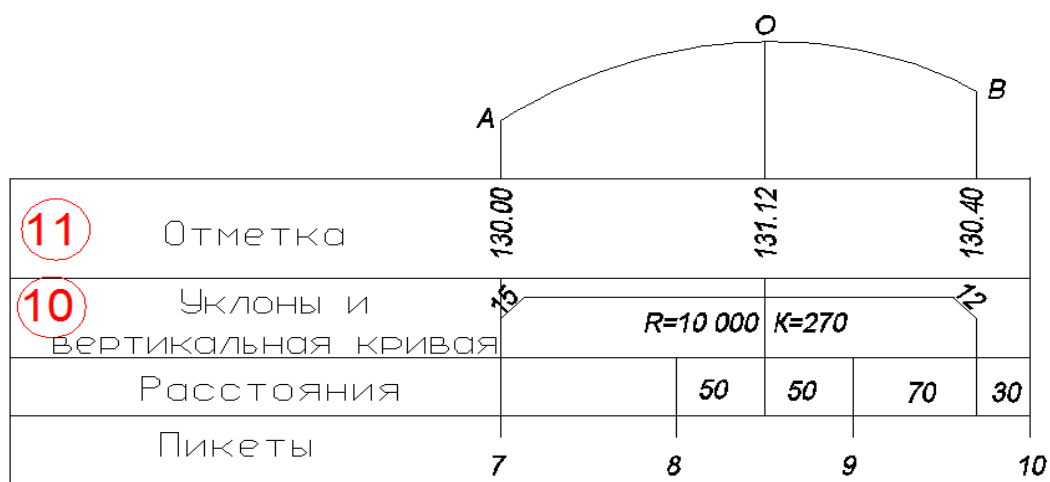


Рис. 6.19 – Оформление выпуклой вертикальной кривой на продольном профиле.

Таблица 6.5

Расчеты вертикальной кривой для метода инженера Антонова

Определяемая величина	Обозначение	Расчетная формула	Расчет	Результат
Расстояние АО	АО	$l=i \cdot R$	$AO=15\% \cdot 10000 \text{ м} = 0,015 \cdot 10000$	150 м
Расстояние ОВ	ОВ		$OB=12\% \cdot 10000$	120 м
Превышение точки О над точкой А	h_{OA}	$h=l^2:2R$	$h_{OA}=150^2:2 \cdot 10000$	1,12 м
Превышение точки О над точкой В	h_{OB}		$h_{OB}=120^2:2 \cdot 10000$	0,72 м
Отметка точки О	h_O	$h_O = h_A + h_{OA}$	$h_O = 130,00 + 1,12$	131,12 м
Отметка точки В	h_B	$h_B = h_O - h_{OB}$	$h_B = 131,12 + 0,72$	130,40 м
Пикет точки О	ПК (О)	$ПК(O) = ПК(A) + AO$	$ПК(O) = (ПК7+00) + 150 \text{ м}$	ПК 8+50
Пикет точки В	ПК (В)	$ПК(B) = ПК(O) + OB$	$ПК(B) = (ПК7+00) + 150 \text{ м}$	ПК 9+70

Пример характеристики вертикальной кривой. На рис. 6.20 изображен фрагмент проектной линии продольного профиля с кривой, вписанной методом инженера Антонова. Кривой сопряжены прямая спуска с уклоном 15‰ и подъема с уклоном 7‰. Радиус вогнутой сопрягающей кривой равен 5000 м. Вершина кривой расположена на ПК 8+90,00; начало кривой на ПК 8+15, конец кривой на ПК 9+25. Проектные отметки точек сопряжений – 142,19 и 141,75.

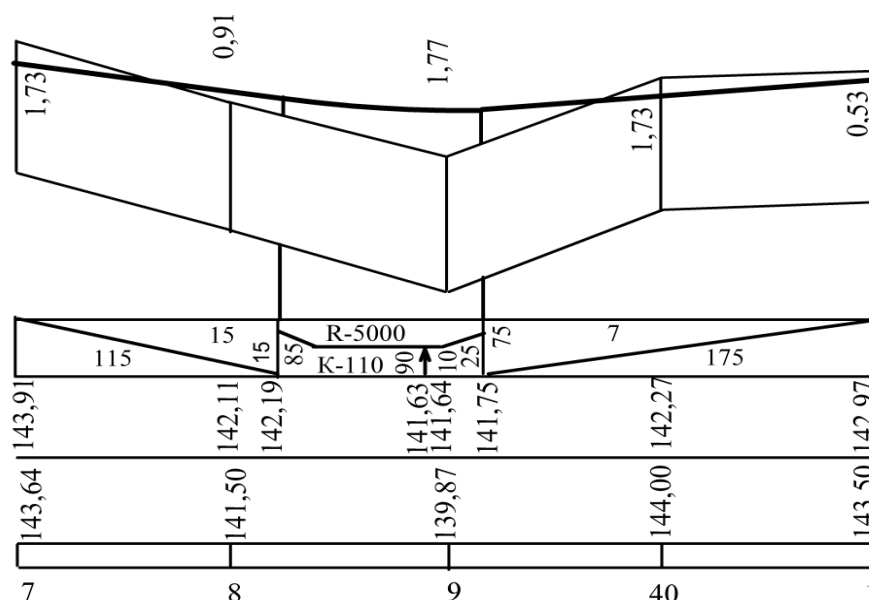


Рис. 6.20 – Фрагмент проектной линии с вертикальной кривой, запроектированной по методу инженера Антонова.

6.9. Точки нулевых работ

Точками нулевых работ называются точки перехода из насыпи в выемку.

Для участков с постоянными продольными уклонами местоположение точки нулевых работ определяют из подобия треугольников (рис. 6.21 а) по формуле:

$$x = l \frac{H_1}{H_1 - H_2}, \quad (6.19)$$

где H_1 , H_2 - рабочие отметки земляного полотна.

Для участков, расположенных на вертикальных кривых (рис. 6.21 б), местоположение точки нулевых работ может быть получено путем решения системы уравнений вертикальной кривой $x^2 = 2R_v y$ и прямой линии земли

$$\frac{x}{y + a} = \frac{b}{a} = i.$$

Координата точки нулевых работ, отмеренная от вершины вертикальной кривой, является действительным корнем уравнения:

$$x = R_v \pm \sqrt{R_v^2 i^2 - 2R_v a}, \quad (6.20)$$

где R_v - радиус вертикальной кривой, м;

i - уклон поверхности земли в долях единицы;

a - отрезок по вертикали, проходящий через вершину кривой до линии земли, м.

Пример определения точки нулевых работ для прямой проектной линии.

Необходимо определить местоположение точек нулевых работ, если на ПК 5 + 00 высота насыпи $H_1 = 0,58$ м; на ПК 6 + 00 глубина выемки $H_2 = 0,66$ м. Расстояние между пикетами $l = 100$ м.

По формуле (6.19) находим:

$$X = 100 \frac{0,58}{0,58 - (-0,66)} = 46,77 \text{ м.}$$

Точка нулевых работ находится на ПК 5 + 46,77.

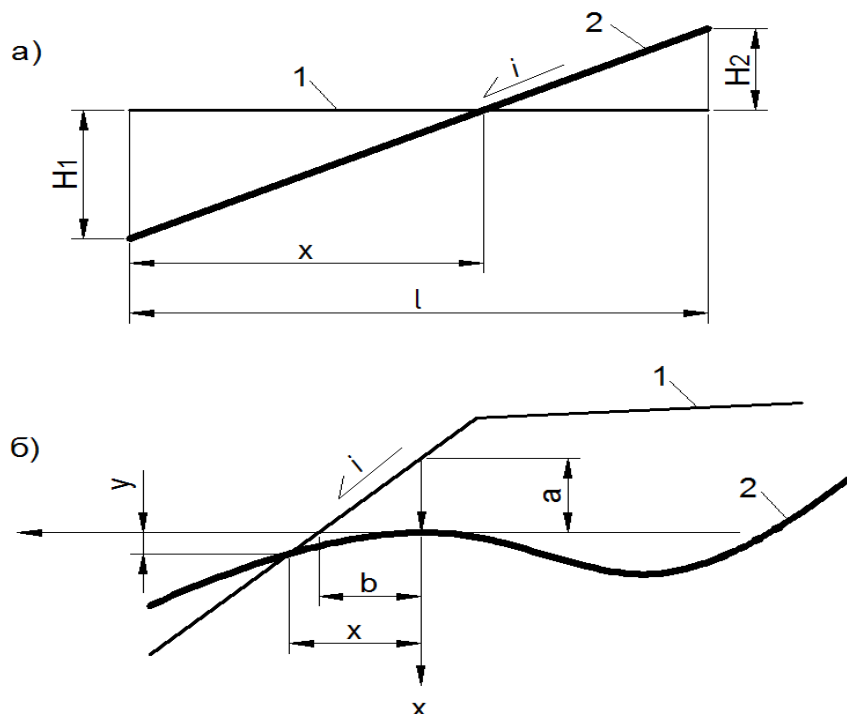


Рис. 6.21 – Схемы для определения местоположения точек нулевых работ: 1 - линия земли; 2 - проектная линия.

Пример определения точки нулевых работ для вертикальной кривой по методу инженера Антонова.

На участке дороги между ПК 32 + 00 и ПК 34 + 00 продольный уклон поверхности земли $i = +0.042$. Радиус вертикальной кривой $R = 20000$ м. Вершина кривой расположена на ПК 34 + 00, $a = +6.22$ м. Определить местоположение точки нулевых работ.

По формуле (6.20) находим меньший из корней квадратного уравнения:

$$X = 20000 \cdot 0,042 \pm \sqrt{20000^2 \cdot 0,042^2 - 2 \cdot 20000 \cdot 6,22} = 164 \text{ м.}$$

Нулевая точка находится на расстоянии 164 м от вершины вертикальной кривой, т.е. на ПК 32 + 36,00.

6.10. Поверхностный дорожный водоотвод

Для удовлетворительной работы конструкции и сооружений автомобильной дороги необходимо обеспечить отвод от них поверхностных, а в некоторых случаях и грунтовых, вод. Поэтому дорожный водоотвод представляет собой совокупность всех устройств, отводящих воду от земляного полотна и дорожной одежды и представляющих переувлажнение земляного полотна [4].

Поверхностный водоотвод от автомобильной дороги обеспечивается с проезжей части и земляного полотна за счет поперечных и продольных уклонов, а также за счет прикромочных лотков проезжей части; телескопических лотков для сброса воды с откосов земляного полотна; продольных боковых придорожных канав, проектируемых вдоль насыпи; продольных кюветов в выемках; нагорных канав, устраиваемых с нагорной стороны земляного полотна на косогорах для перехвата стекающей по склону воды и отвода ее от дороги, (рис. 1.3). Для перепуска поверхностной воды под дорогой устраиваются водопропускные трубы. Для понижения, а иногда и отвода, грунтовых вод от дорожных конструкций служат дренажные сооружения (дренаж).

В настоящем пособии рассмотрены только отдельные вопросы поверхностного водоотвода.

Боковые канавы (кюветы) служат для отвода воды, стекающей не только с поверхности дороги, но и прилегающей к дороге местности. Боковые канавы и кюветы осушают верхнюю часть земляного полотна, однако их положительное действие сказывается лишь при быстром отводе из них воды. При необеспеченном отводе и длительном застое воды канавы и кюветы становятся источниками проникания воды в земляное полотно и его переувлажнения.

По нормам проектирования [4, 5] на местности с поперечным уклоном менее 20‰ при высоте насыпи менее 1,5 м, на участках с переменной сторонностью поперечного уклона, а также на болотах водоотводные канавы предусматривают с двух сторон земляного полотна. На местности с поперечным уклоном, направленным в сторону земляного полотна, следует предусматривать сплошной продольный водоотвод на протяжении от каждого водораздела до мест, где возможен отвод воды в сторону от земляного полотна.

При значительной величине ожидаемого притока воды и неудовлетворительных условиях поверхностного стока боковым канавам придают трапециевидальное сечение шириной по дну 0,4-0,6 м.

Размеры водоотводных сооружений (канав и кюветов) при известных величинах расходов воды рассчитывают по специальным методикам [13, 19, 22, 23], однако минимальные размеры устанавливаются нормами проектирования [4, 5] и не могут быть уменьшены (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Минимальные размеры водоотводных сооружений

Наименование сооружений	Ширина дна, м	Глубина воды, м	Крутизна откосов
Нагорные водоотводные каналы	0,6	0,6	1:1,5
Забанкетные каналы	0,4	0,4	1:1,5 или 1:2
Канавы на болотах			
I типа	0,8	0,8	1:1
II типа	2,0	1,0	1:1,5
Кюветы треугольные	-	0,4	1:1 или 1:1,5
Кюветы трапециевидальные	0,4	0,4	1:1 или 1:1,5

Примечание. Более пологие откосы водоотводных сооружений назначают для пылеватых и песчаных грунтов.

При проектировании кюветов отметка их дна должна быть ниже отметки низа дорожной одежды минимум на 0,3 м.

Для быстрого отвода воды в канавах и кюветах по их дну обеспечивают продольный уклон. Наибольший продольный уклон водоотводных устройств определяют в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна канавы с учетом допускаемой по размыву скорости течения. При невозможности обеспечения допустимых уклонов предусматривают быстротоки, перепады и водобойные колодцы [4, 20, 22, 23].

Для канав величину продольного уклона назначают по продольному уклону рельефа. Для кюветов, как правило, по продольному уклону проектной линии. На протяжении канавы или кювета продольный уклон их дна меняется. Дно канав и кюветов должно иметь продольный уклон не менее 5‰ и в исключительных случаях - не менее 3‰ [4].

Во избежание размыва канав и кюветов требуется их укрепление. Тип укрепления назначают в зависимости от скорости течения воды на основании результатов гидравлического расчета. В курсовом проекте тип укрепления ориентировочно можно назначить по табл. 6.7.

Схемы укрепления канав от размыва назначают на основании расчетов. На рис. 6.22 показаны схемы комбинированного укрепления.

Таблица 6.7

Типы укрепления водоотводных сооружений

Грунты	Типы укреплений при продольных уклонах, ‰					
	Без укрепления	Гидропосев трав	Засев трав по слою растительного грунта	Втрамбовка щебня в дно	Бетонные плиты	Гасящие устройства
Супесчаные	до 5	5-10	10-20	20-30	30-50	>50
Суглинистые	до 10	10-15	15-20	20-30	30-50	>50

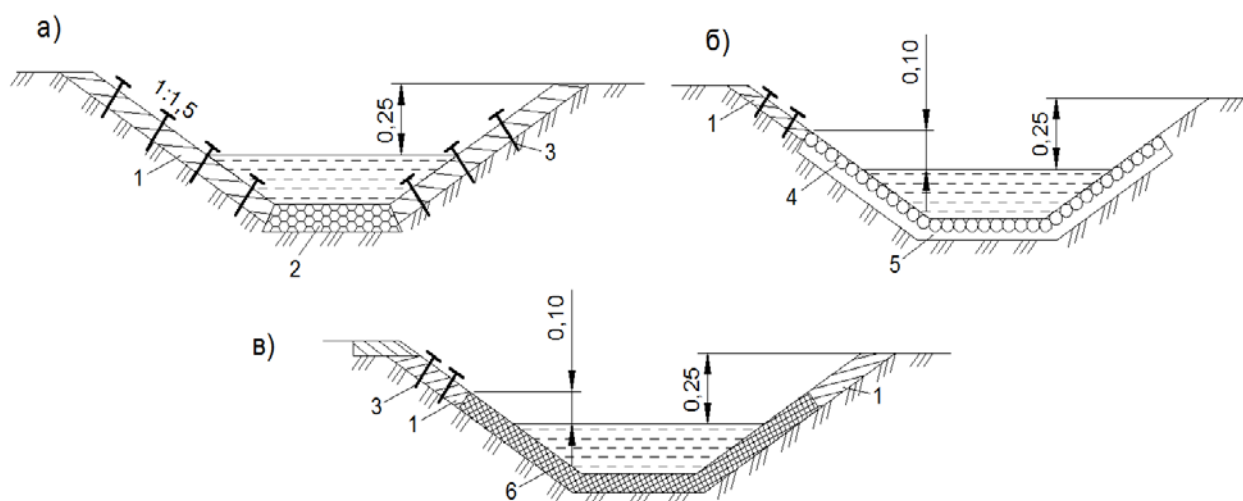


Рис. 6.22 – Схемы укрепления водоотводных канав: а) сплошной одерновкой; б) мощением; в) грунтом, обработанным вяжущим материалом; 1- дерн толщиной 8-10 см; 2 – щебень или гравий; 3- деревянные колышки; 4 - камень слоем 12-16 см; 5 - геосинтетический материал или солома; 6 - слой грунта, обработанного вяжущим, толщиной 5-10 см.

Проектирование поверхностного водоотвода может выполняться двумя способами:

1. На продольном профиле с учетом поперечных уклонов земли и типов поперечных профилей рассчитывают отметки дна водоотводных сооружений, назначают тип укрепления, заполняют строки 4 – 9 продольного профиля;

2. Для каждой водоотводной канавы строят отдельный продольный профиль с проектными отметками дна в соответствии с требованиями [4, 6, 7].

Второй способ проектирования является более наглядным, но требует дополнительных чертежей продольных профилей канав. В настоящее время он с успехом используется при автоматизированном проектировании дорог.

В курсовом проекте рекомендуется заполнить строки 4 – 9 продольного профиля. Для упрощения работы в курсовом проекте на участках местности с незначительным поперечным уклоном при проектировании водоотвода поперечный уклон можно не учитывать. Подробный пример проектирования продольного водоотвода приведен в методических указаниях [26].

6.11. Последовательность выполнения раздела «Продольный профиль» в курсовом проекте

Для проектирования продольного профиля должен быть завершен раздел «План трассы», оформлен чертеж плана трассы, составлена пояснительная записка.

Образец оформления продольного профиля представлен в приложении 10.

Выполняют раздел «Продольный профиль» учебного проекта в следующей последовательности:

1. Рассчитывают размер листа миллиметровой бумаги для вычерчивания продольного профиля, рис. 6.1.

2. Вычерчивают сетку продольного профиля. Ее размеры строго регламентированы ГОСТ [10], рис. 6.2.

3. Заполняют строки № 1, 12, 13, 14 сетки. В строку №1 заносят тип местности по условиям увлажнения. В строку №12 записывают отметки земли по оси дороги на каждом пикете и плюсовой точке. Плюсовыми точками являются: места, где резко меняется уклон местности; границы болот, лесов, оврагов; оси пересекаемых дорог и др. Для строк № 13, 14 данные для заполнения берут с плана трассы и из «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых».

4. Наносят линию поверхности земли по отметкам земли по оси дороги. Ниже на 2 см и параллельно вычерчивают линию грунтового профиля. Под линией грунтового профиля указывают характеристику залегающих грунтов. Места расположения скважин и шурфов назначают в соответствии с рельефом местности. Шурфы и скважины нумеруют. В скважинах и шурфах штриховкой показывают состояние грунтов (рис. 6.6 и 6.7).

5. Рассчитывают контрольные и руководящие отметки. Расчеты проводят в пояснительной записке, по результатам расчетов заполняют таблицу контрольных и руководящих отметок в продольном профиле.

6. Наносят проектную линию продольного профиля и заполняют строки № 10, 11. Последовательность работы по нанесению проектной линии зависит от метода ее нанесения (п. 6.7 или п. 6.8 настоящего пособия).

7. Вычисляют проектные отметки проектной линии на каждом пикете и в каждой плюсовой точке.

8. Специальными условными обозначениями, прил.7, показывают местоположение мостов, труб, пересечений и т.д. и подписывают их пикетажные положения над проектной линией.

9. Рассчитывают рабочие отметки и наносят их на чертеж продольного профиля.

10. Определяют пикетажные положения точек нулевых работ и отмечают их на профиле.

11. Проектируют систему поверхностного водоотвода, начиная с кюветов и заканчивая канавами: определяют отметки дна канав и кюветов (заполняют строки 6 и 9 продольного профиля), определяют продольные уклоны и длину участков канав и кюветов (строки 5 и 8), назначают вид укрепления канав и кюветов (строки 4 и 7).

12. В пояснительной записке описывают проектную линию продольного профиля и запроектированную систему водоотвода.

13. Приступают к формированию поперечных профилей земляного полотна по разделу 7 настоящего пособия. После разработки типов поперечных профилей заполняют строки 2 и 3 продольного профиля.

Вопросы для самопроверки

1. Какую информацию содержит продольный профиль автомобильной дороги?
2. По требованиям каких нормативных документов проектируют продольный профиль?
3. Как определяют отметки черной линии продольного профиля?
4. Какие контрольные отметки определяют для проектирования проектной линии продольного профиля?
5. Дайте понятие руководящих отметок проектной линии продольного профиля. Как их определяют?
6. Какие участки трассы автомобильной дороги считаются снегозаносимыми?
7. Как определить минимальную высоту насыпи на снегозаносимых участках?
8. Как учитывают уровень грунтовых вод при проектировании проектной линии продольного профиля?
9. В чем разница проектирования проектной линии продольного профиля методом тангенсов и методом инженера Антонова?
10. Что такое точка нулевых работ на продольном профиле?
11. Как определить рабочую отметку?
12. Назовите основные сооружения поверхностного водоотвода на автомобильной дороге.
13. При каких условиях поверхностный дорожный водоотвод проектируется с двух сторон земляного полотна?
14. Каковы размеры канав и кюветов при проектировании поверхностного водоотвода?

7. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

7.1. Общие требования к проектированию

Земляное полотно проектируют и возводят, руководствуясь общими рекомендациями норм проектирования [4, 5].

Индивидуальные типы земляного полотна следует проектировать

- ▶ при высоте насыпей или глубине выемок, превышающих 12 м;
- ▶ при проектировании на слабых основаниях;
- ▶ в поймах рек;
- ▶ при расположении земляного полотна на склонах, подверженных оползням;
- ▶ при пересечении дорогой крутых балок и действующих оврагов;
- ▶ при разработке выемок в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях;
- ▶ при наличии в районе проектирования карстовых явлений и т.д.

Для типовых профилей земляного полотна важным является правильное назначение заложения откосов земляного полотна.

Крутизну откосов насыпей и выемок назначают по СП 34.13330.2012 [4], табл. 7.1, 7.2.

Высота откоса насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок откоса. При наличии косогорности высота откоса насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок низового откоса (рис. 1.4).

Крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на дорогах категорий I-III назначают с учетом обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях, как правило, не круче 1:4, а для дорог остальных категорий при высоте откоса насыпи до 2 м - не круче 1:3. На участках ценных земель допускается увеличение крутизны откосов до предельных значений, приведенных в табл. 7.1, с разработкой мероприятий по обеспечению безопасности движения (устройство ограждений и др.).

Таблица 7.1

Крутизна откосов насыпей на прочном основании [4]

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	До 6	До 12	
		в нижней части (0-6)	в верхней части (6-12)
Глыбы из слабовыветривающихся пород	1:1-1:1,3	1:1,3-1:1,5	1:1,3-1:1,5
Крупнообломочные и песчаные (за исключением мелких и пылеватых песков)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Песчаные мелкие и пылеватые, глинистые и лессовые	<u>1:1,5</u> 1:1,75	<u>1:1,75</u> 1:2	<u>1:1,5</u> 1:1,75

Примечание. В числителе даны значения для пылеватых разновидностей грунтов в дорожно-климатических зонах II и III и для одноразмерных мелких песков

Крутизна откосов насыпей предполагает их укрепление методом травосеяния или одерновки. При применении более капитальных методов укрепления, например с использованием геосинтетических материалов, крутизна может быть увеличена при соответствующем обосновании.

Выемки глубиной до 1 м для предохранения от снежных заносов предусматривают раскрытыми с крутизной откосов от 1:5 до 1:10 или разделанными под насыпь. Выемки глубиной от 1 до 5 м на снегозаносимых участках предусматривают с крутыми откосами (1:1,5 - 1:2) и дополнительными полками или обочинами шириной не менее 4 м.

Таблица 7.2

Крутизна откосов выемок [4]

Грунты	Высота откоса, м	Наибольшая крутизна откосов
Скальные: слабовыветривающиеся	До 16	1:0,2
легковыветривающиеся:		
неразмягчаемые	До 16	1,05 - 1:1,5
размягчаемые	до 6	1:1
	Свыше 6 до 12	1:1,5
Крупнообломочные	до 12	1:1 - 1:1,5
Песчаные, глинистые однородные твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции	до 12	1:1,5
Пески мелкие барханные	до 2 от 2 до 12	1:4 1:2
Лесс	до 12	<u>1:0,1 - 1:0,5</u> 1:0,5 - 1:1,5

Примечание. В числителе приведена крутизна откосов в засушливой зоне, в знаменателе - вне засушливой зоны.

Высоту откоса выемки определяют разностью отметок верхней и нижней бровок откоса. В случае косогорности при пользовании настоящей таблицей 7.2 в расчет берут верховой откос.

7.2. Типы поперечных профилей

В проектах каждому принятому типу поперечных профилей присваивают порядковый номер, вычерчивают общие схемы каждого типа поперечных профилей и описывают в пояснительной записке. Номера типов заносят в строки № 2 и 3 продольного профиля. Типы поперечных профилей назначают в зависимости от высоты насыпи или глубины выемки, грунтов из которых возводится земляное полотно, рельефа местности и возможности снежных заносов. Общие принципы назначения типовых профилей приведены в п. 7.1.

При выполнении учебных проектов для назначения типов поперечных профилей допускается пользоваться следующим перечнем типовых конструкций:

- насыпь высотой до 1,5 м с откосами заложением 1:4 и двусторонними канавами;
- насыпь высотой до 3 м для дорог I-III категорий, заложение откосов 1:4 с канавами в местах с необеспеченным стоком (3 типа: с правой канавой; с левой канавой; с двумя канавами);
- насыпь высотой до 3 м для дорог IV-V категорий, заложение откосов 1:3 с канавами в местах с необеспеченным стоком;
- насыпь высотой от 3 до 6 м с откосами заложением 1:1,5 с канавами в местах с необеспеченным стоком;

- насыпь высотой от 6 до 12 м с равнопрочными откосами: сверху на высоту 6 м заложение откоса 1:1,5; в нижней части насыпи – 1:1,75;
- выемка глубиной до 1 м, разделяемая под насыпь; заложение откосов: внутренних 1:3 или 1:4; внешних - 1:5;
- раскрытая выемка глубиной до 1 м; заложение откосов рассчитывается;
- выемка глубиной от 1 до 6 м с заложением откосов 1:1,5;
- выемка глубиной от 6 до 12 м с заложением откосов 1:1,5.

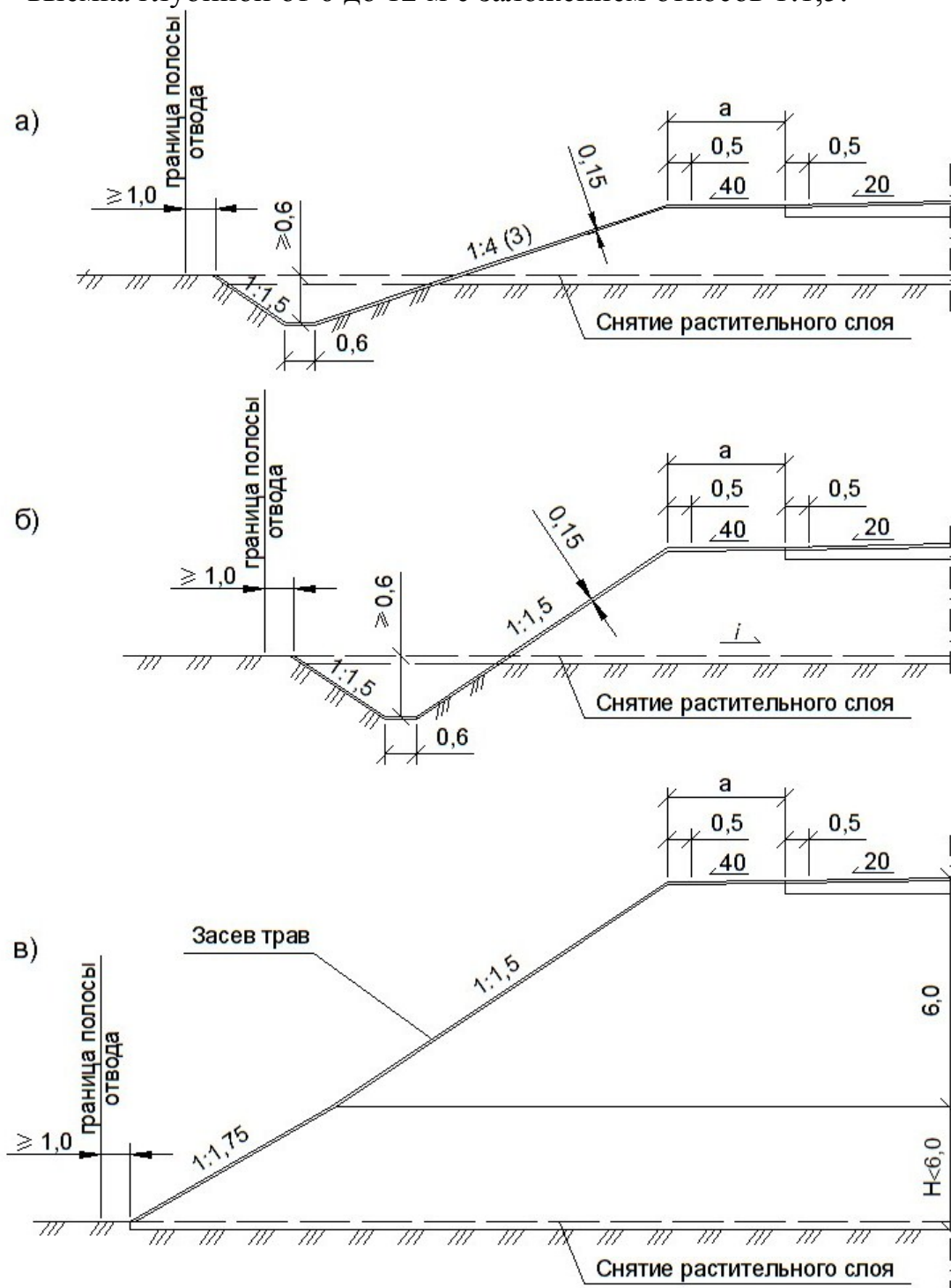


Рис. 7.1 – Принципиальные схемы поперечных профилей насыпей: а) насыпь высотой до 1,5 м с двумя канавами; б) с канавой; в) насыпь высотой от 3 до 6 м с равнопрочными откосами.

На снегוזаносимых участках в выемках необходимо предусматривать аккумуляционную полку для размещения сброшенного с проезжей части снега.

Поперечные профили выбранных типов в курсовом проекте вычерчиваются в масштабе 1:200 или 1:100. Не менее двух типов поперечных профилей рассчитываются и вычерчиваются с привязкой на конкретном пикете. Чертежи выполняются на миллиметровой бумаге или с помощью программы AutoCAD. Проектные данные изображаются красным цветом.

Принципиальные схемы типовых поперечных профилей приведены на рис. 7.1 и 7.2. Образец оформления чертежей поперечных профилей по требованиям ГОСТ 21.1207-97 [10] приведен в прил. 9.

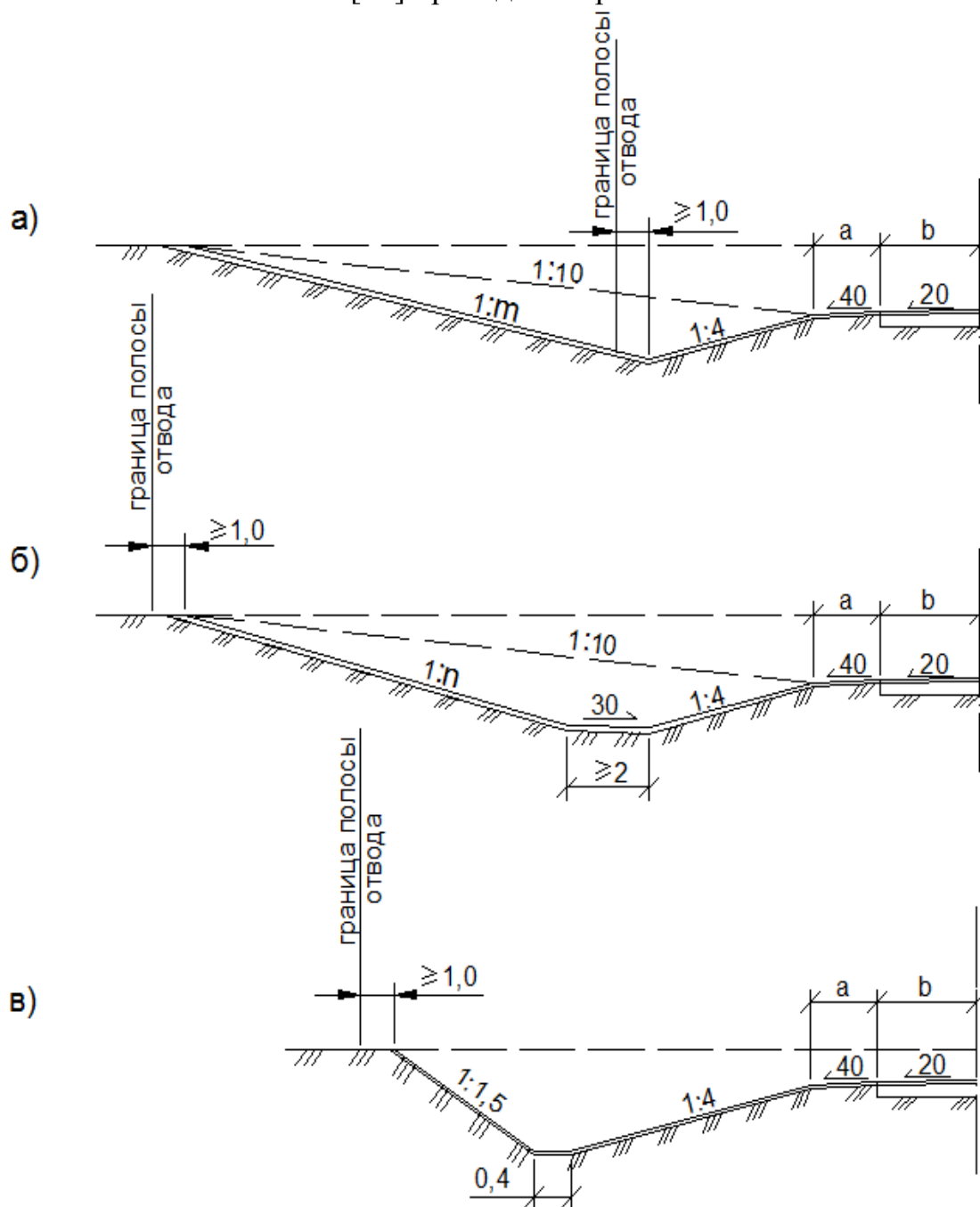


Рис. 7.2 – Принципиальные схемы поперечных профилей выемок: а) раскрытая выемка; б) выемка, разделанная под насыпь; в) снегонезаносимая выемка глубиной до 6 м

7.3. Виraje и отгоны виражей

Виraje – односкатный поперечный профиль проезжей части, проектируемый на горизонтальных круговых кривых радиусов менее 3000 м для дорог I категории и радиусов менее 2000 м для дорог остальных категорий. Поперечный уклон проезжей части на вираже направлен к центру (внутри) горизонтальной кривой. Проектирование виража обеспечивает устойчивость автомобиля на кривых малых радиусах при расчетных скоростях движения.

На подходах к виражу обеспечивается **отгон виража** – плавный переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части к односкатному или от односкатного к двухскатному. Обычно отгон виража устраивается на переходной кривой, а при ее отсутствии – на прямом в плане участке дороге. Кроме устройства виража на кривых радиусах 650 м и менее требуется устройство уширения проезжей части с внутренней стороны, величина уширения назначается по СП или СНиП 2.05.02-85 [4, 5], табл. 7.4.

Схема элемента виража и отгонов приведена на рис. 7.3.

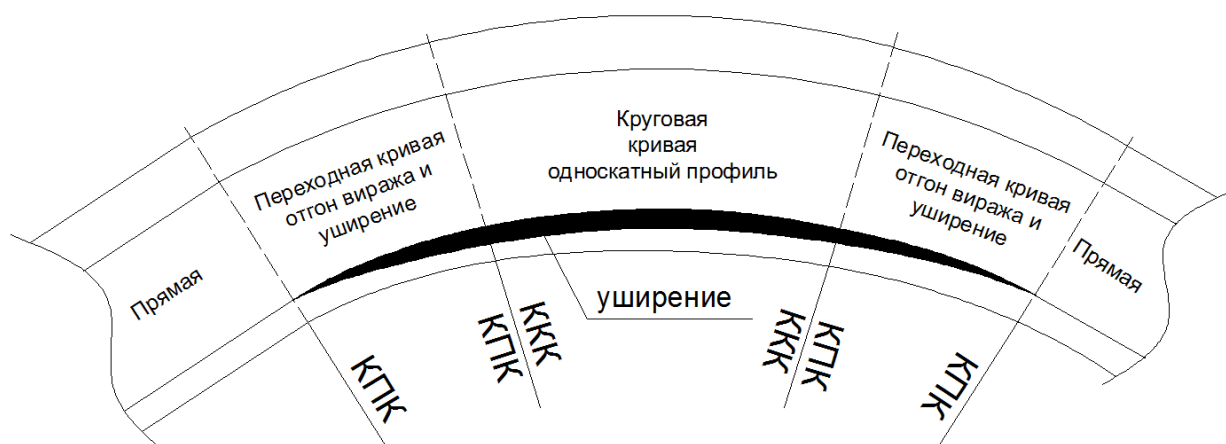


Рис. 7.3 – Схема элементов виража и отгонов виража на горизонтальной кривой.

Поперечный уклон проезжей части на прямых в плане принимают при двухскатном профиле проезжей части в зависимости от дорожно-климатической зоны и категории дороги по табл. 7.3.

Таблица 7.3

Поперечный уклон проезжей части двухскатных автомобильных дорог

Категория дороги	Поперечный уклон, ‰ для дорожно-климатических зон			
	I	II, III	IV	V
I (при двухскатном поперечном профиле каждой проезжей части)	15	20	25	15
II - IV	15	20	20	15

На проезжих частях с гравийными и щебеночными покрытиями поперечный уклон принимают 25 – 30 ‰, а на покрытиях из грунтов, укреплен-

ных местными материалами, и на мостовых из колотого и булыжного камня – 30 – 40‰.

Поперечные уклоны обочин при двускатном поперечном профиле проезжей части следует принимать на 10‰–30‰ больше поперечных уклонов проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления обочин допускаются следующие величины поперечных уклонов:

- 30‰ – 40‰ - при укреплении с применением вяжущих;
- 40‰ – 60‰ - при укреплении гравием, щебнем, шлаком или замощении каменными материалами и бетонными плитами;
- 50‰ – 60‰ - при укреплении дернованием или засевом трав.

Для районов с небольшой продолжительностью снегового покрова и отсутствием гололеда для обочин, укрепленных дернованием, может быть допущен уклон 50‰–80‰.

В табл. 7.4 представлены требования СП [4] к поперечным уклонам проезжей части на виражах.

Таблица 7.4

Поперечный уклон и уширение проезжей части на виражах

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰		Радиус кривой в плане, м	Величина уширения проезжей части, м
	основной	в районе с частым гололедом		
От 3000 до 1000	20-30	20-30	850	-
От 1000 до 700	30-40	30-40	650	0,4
От 700 до 650	40-50	40	575	0,5
От 650 до 600	50-60	40	325	0,6
От 600 и менее	60	40	225	0,8
			140	0,9
			95	1,1
			80	1,2
			70	1,3
			60	1,4
			50	1,5
			40	1,8
			30	2,2

Примечание. Меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам в плане.

Длина отгона виража L может определяться по формуле:

$$L = \frac{B \cdot i_B}{i_{доп}}, \quad (7.1)$$

где $i_{доп}$ - дополнительный продольный уклон внешней кромки проезжей части, который не должен превышать для дорог I и II категории 5 ‰, III и V – 10 ‰, в горной местности – 20 ‰;

B - ширина проезжей части;

i_B - поперечный уклон проезжей части на вираже.

Если по формуле 7.1 длина отгона виража получается больше длины переходной кривой, то длина последней должна быть увеличена.

Если вычисленная длина отгона виража меньше длины переходной кривой, то длину отгона принимают равной длине переходной кривой.

В зависимости от того, уклон виража равен или больше поперечного уклона проезжей части двухскатного профиля, разбивка отгона виража проводится различными способами.

Если уклон виража равен поперечному уклону двухскатного профиля, то производится вращение плоскости внешней полосы проезжей части и обочины.

Если уклон виража больше уклона двухскатного профиля, то производится вращение плоскости внешней полосы проезжей части вокруг оси дороги до придания ей уклона, равного уклону внутренней полосы, а затем вращение плоскости всей проезжей части вокруг внутренней кромки до придания проезжей части и обочине требуемого уклона виража.

Выполнение разбивки виража следует производить в такой последовательности (рис.7.4):

а) вычерчивают план дорожного полотна на участке, начиная примерно за 20 м до начала переходной кривой (отгона виража) и заканчивая началом круговой кривой. Масштаб чертежа следует принимать - продольный 1:1000 или 1:2000 и поперечный, соответственно, 1:200 или 1:400;

б) за 10 м до начала отгона на плане вычерчивают двухскатный поперечный профиль дороги с указанием поперечных уклонов проезжей части и обочин;

в) в начале отгона вычерчивают на плане поперечный профиль дороги с уклоном обочин, приведенным к уклону проезжей части;

г) при уклоне виража, равном уклону двухскатного профиля, длина отгона делится на несколько равных участков протяжением 10-20 м (чем короче участок, тем точнее разбивка) и на концах этих участков высчитывают отметки внешней бровки земляного полотна и внешней кромки. Отметки оси, внутренней кромки проезжей части и внутренней бровки земляного полотна остаются постоянными, так как происходит вращение только внешней полосы проезжей части и внешней обочины;

д) при уклоне виража больше уклона двухскатного профиля вначале находят длину участка на отгоне, на протяжении которого уклон внешней полосы проезжей части и внешней обочины приводится к уклону внутренней полосы проезжей части. Чтобы определить длину этого участка, следует определить фактический дополнительный уклон внешней кромки проезжей части, который получается в результате расположения отгона виража на переходной кривой:

$$i_{don} = \frac{b \cdot i_b}{L}. \quad (7.2)$$

Длина участка отгона L_1 , на протяжении которого уклон виража будет равен уклону двухскатного поперечного профиля, определится по формуле:

$$L_1 = \frac{e \cdot i_n}{i_{\text{дон}}}, \quad (7.3)$$

где i_n – поперечный уклон проезжей части двухскатного поперечного профиля.

На остальном протяжении отгона виража производится вращение всей проезжей части вокруг внутренней кромки до придания требуемого уклона.

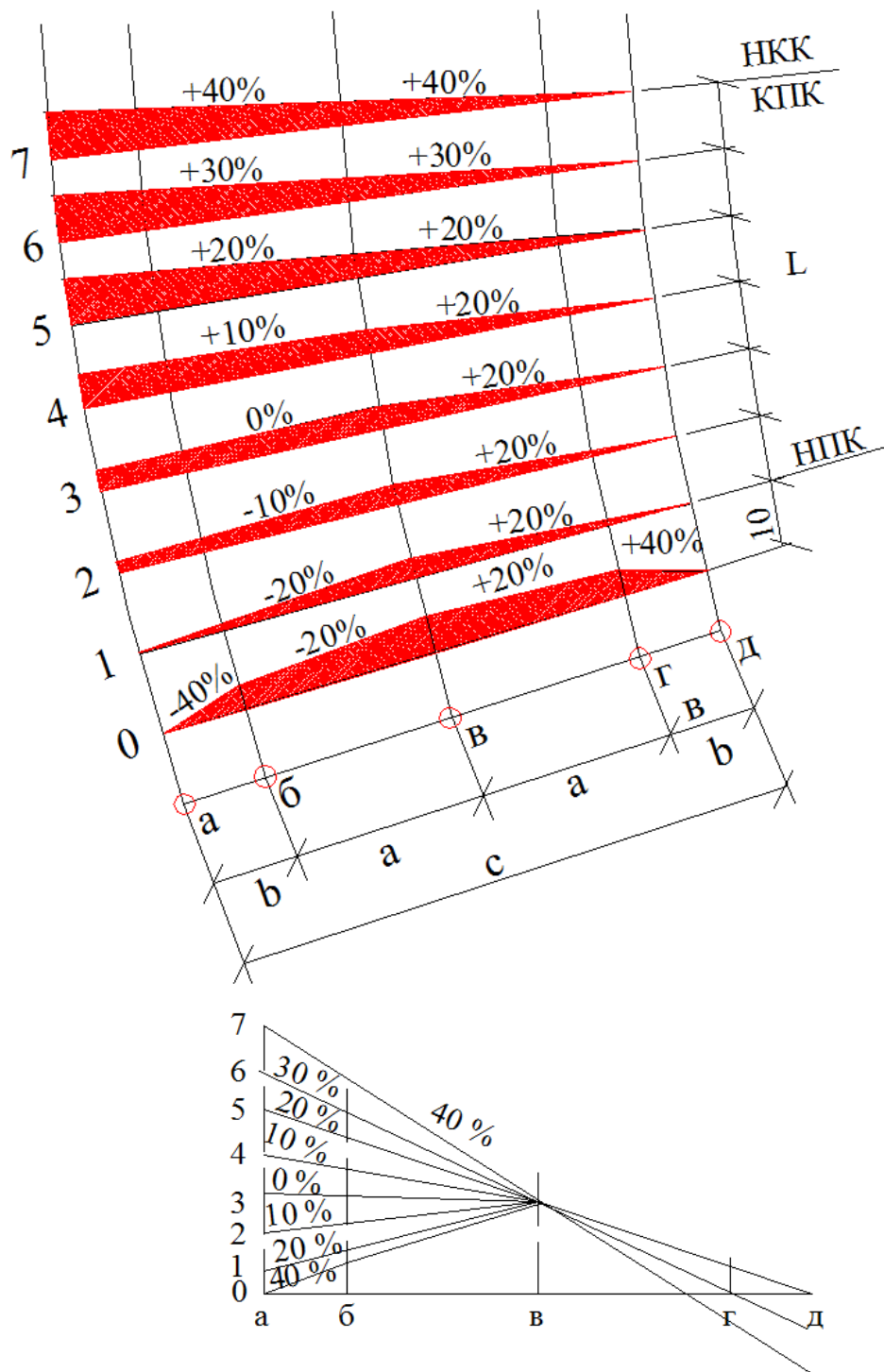


Рис. 7.4 – Разбивочная схема отгона виража: а) внешняя бровка, б) внешняя кромка, в) ось, г) внутренняя кромка, д) внутренняя бровка.

Особенности устройства уширения на вираже и отгонов уширения на отгонах виража заключаются в следующем. Полное уширение двускатной проезжей части дорог на закруглениях следует принимать по табл. 7.4. Для дорог с четырьмя и более полосами движения размер полного уширения увеличивают соответственно числу полос. В пределах круговой кривой уширение должно иметь полную ширину. Отвод уширения выполняют на длине переходных кривых. При этом уширение проезжей части увеличивают пропорционально расстоянию от начала переходной кривой так, что полное значение уширения достигается к началу круговой кривой.

Уширение проезжей части может быть выполнено несколькими способами (рис. 7.5). Основным способом является отвод уширения пропорционально длине переходной кривой, а при ее отсутствии - по прямой. Однако при этом в точках А и Д кромка проезжей части имеет перелом, что негативно сказывается на восприятии плавности дороги (рис. 7.5 а). Чтобы исключить этот недостаток, пользуются другим способом отвода уширения - по касательной к кромке проезжей части на круговой кривой (рис. 7.5 б). При этом получается более плавное сопряжение, но при этом длина участка с полным уширением сокращается на величину d .

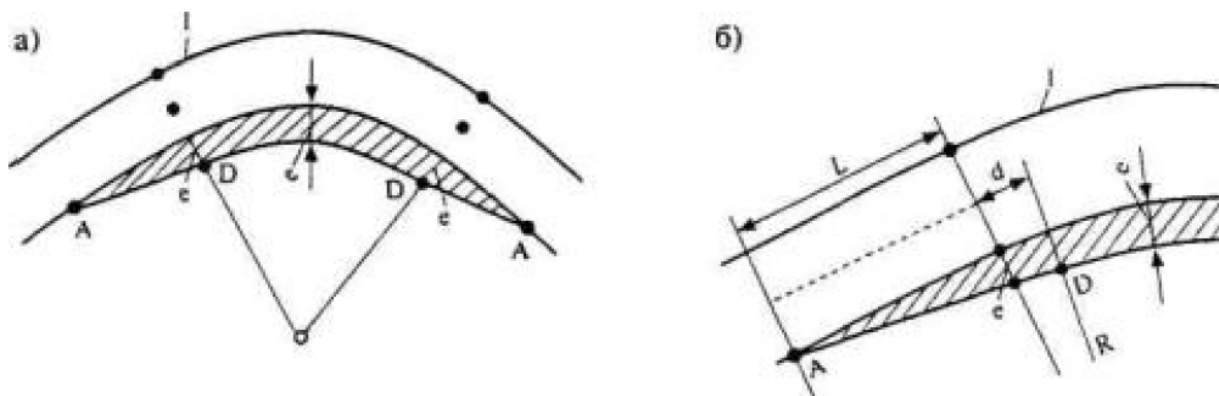


Рис. 7.5 – Способы устройства уширения на отгонах виражей.

7.4. Определение объемов земляных работ

Для выбранного варианта трассы в курсовом проекте объемы земляных работ подсчитываются с помощью таблиц Н.А.Митина [18] или вручную с последующей проверкой расчетов на ЭВМ.

Подсчеты независимо от метода ведут в ведомости, составленной по определенной форме (прил. 8). При заполнении ведомости пикетное положение сечения и рабочие отметки записывают в одну строку, а остальные цифровые данные, относящиеся к участкам дороги, ограниченными соседними сечениями, записывают в промежуточных строках. Объемы подсчитываются по каждому участку дороги, ограниченному пикетами, плюсовыми точками и точками нулевых работ. Разрывы, образованные мостами длиннее 4 м, из

объема земляных работ исключаются. Отверстия в земляном полотне, образованные трубами или мостами до 4 м длиной, не учитываются и считаются как бы заполненными грунтом.

При подсчете объемов земляных работ руководствуются следующими положениями. Поперечные профили с вычисленными рабочими отметками ограничивают участок земляного полотна конкретной длины между пикетами, плюсовыми точками и точками нулевых работ. По геометрической форме этот участок представляет собой призматойд объема V .

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot L, \quad (7.4)$$

где F_1, F_2 - площади поперечных сечений в начале и конце участка, м^2 ;

L - длина участка.

Расчетные схемы для определения площадей поперечных сечений насыпи и выемки приведены на рис.7.6. Площади поперечных сечений определяются по формулам:

$$\text{для насыпи } F_n = BH + mH^2, \quad (7.5)$$

$$\text{для выемки } F_v = (B_1 + mH)H + 2w_k, \quad (7.6)$$

где B - ширина земляного полотна поверху, м;

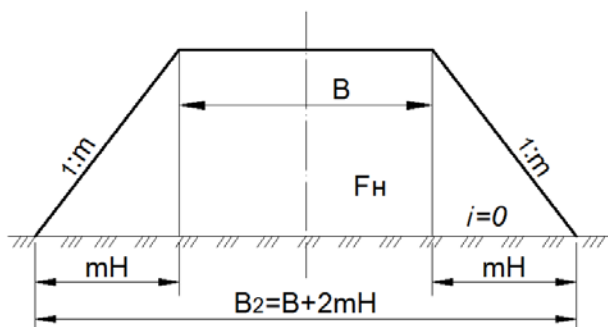
H - рабочая отметка, м;

m - коэффициент заложения откосов;

B_1 - ширина основания трапеции выемки, м;

w_k - площадь сечения кювета выемки, м^2 .

а)



б)

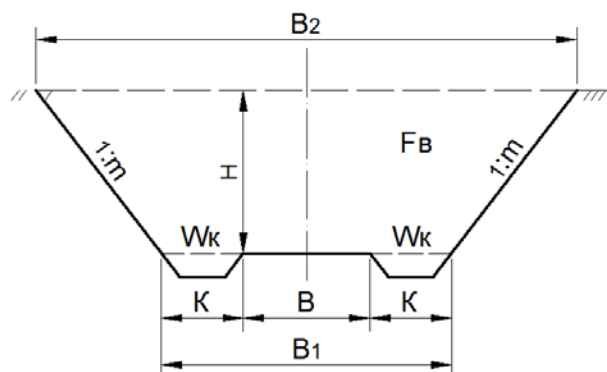


Рис. 7.6 – Схемы для определения площади поперечных сечений: а – насыпи, б – выемки.

Независимо от метода расчета объемов вводят следующие поправки.

1. Призматoidalная или поправка на разность рабочих отметок ΔV , вычисляется, если $H_1 - H_2 > 1$ м:

$$\Delta V = \frac{m(H_1 - H_2)^2}{12} \cdot L. \quad (7.7)$$

2. Поправка на корыто (устройство проезжей части) вызвана тем, что профильные объемы насыпей и выемок определяют из учета объемов материалов конструктивных слоев дорожной одежды и укрепительных полос на

обочинах, а также без учета поперечных уклонов проезжей части и обочин. Так как в курсовом проекте не назначают конструкцию дорожной одежды, то допускается определять поправку на корыто по формуле:

$$V_{\text{до}} = b \cdot h_{\text{до}} L, \quad (7.8)$$

где b - ширина проезжей части, м;

$h_{\text{до}}$ - толщина дорожной одежды, м.

Поправка на корыто одинакова для выемки и насыпи, но вводится со знаком “+” для выемки и со знаком “-” для насыпи.

3. Поправка на растительный грунт принимается для всех насыпей и выемок по формуле:

$$V = B_2 h_p L, \quad (7.9)$$

где B_2 - ширина насыпи при подошве или выемки поверху,

h_p - толщина снимаемого растительного слоя, м.

Дополнительно к перечисленным выше могут вводиться поправки на косогорность при поперечном уклоне местности более 100 ‰; уширение земляного полотна, устройство искусственных сооружений с размером отверстия более 4 м; замену слабых грунтов основания и т.д.

Полный объем земляных работ подсчитывается для каждого участка, каждого километра трассы и всей трассы.

Кроме полного объема земляных работ отдельно подсчитывается объем канав:

$$V_k = [b_0 + 0,5h(m + n)] h L, \quad (7.10)$$

где b_0 - ширина канавы понизу, м;

m, n - коэффициенты заложения внутреннего и внешнего откосов;

h - глубина канавы, м;

L - длина участка, м.

Чтобы ориентировочно оценить качество проектирования плана и продольного профиля автомобильной дороги, полученные результаты расчетов объема земляных работ рекомендуется сравнивать с укрупненными показателями, приведенными в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Ориентировочные объемы земляных работ (тыс.м³ на 1 км дороги)

Категория дороги	Рельеф местности		
	равнинный и слабохолмистый	холмистый	горный
I	60-90	90-130	-
II	30-50	50-70	70-120
III	15-30	30-50	50-90
IV	10-20	20-40	40-70
V	10-20	20-40	40-70

Вопросы для самопроверки

1. Каковы нормативные поперечные уклоны проезжей части и обочин автомобильных дорог?
2. При каких условиях требуется проектировать индивидуальные типы поперечных профилей?
3. Как назначают величину заложения откосов земляного полотна?
4. Назовите типы поперечных профилей выемки, проектируемые на снегозаносимых участках.
5. Что такое вираж и при каких условиях его устраивают?
6. Как рассчитать длину отгона виража?
7. Назовите схемы отвода уширения на отгонах виражей.
8. Какие поправки вводятся при расчете объемов земляных работ по поперечным профилям?

8. ТЕСТ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО ТЕМЕ «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ»

ВАРИАНТ ЗАКРЫТОГО ТЕСТА

(необходимо выбрать правильные ответы)

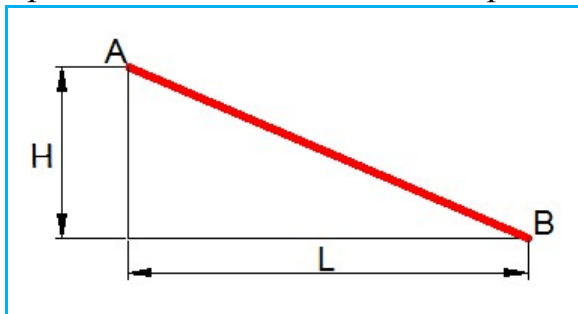
1. **Отметки каких точек являются контрольными?**
 - a) точек, для которых определена отметка из условия залегания уровня грунтовых вод
 - b) пересечений с железными дорогами
2. **Угол между направлением меридиана (северного или южного) и направлением трассы, не превышающий 90 градусов, называется**
 - a) дирекционным углом
 - b) азимутом
 - c) румбом
3. **Прямой участок плана трассы характеризуют:**

Тип вопроса: Множественный выбор

 - a) азимутом, румбом или дирекционным углом
 - b) углом поворота трассы
 - c) координатами точки начала участка

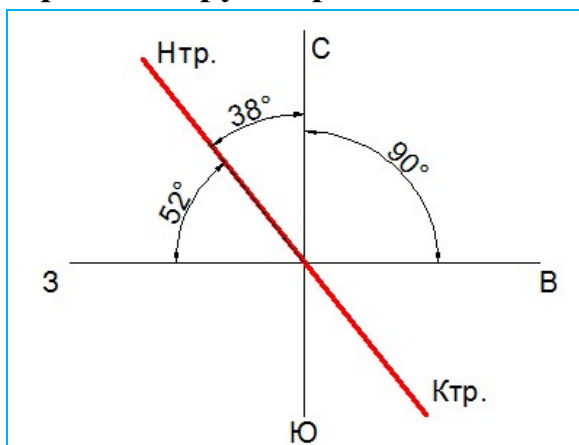
4. Определите уклон линии АВ, если $H=1,5$ м; $L= 100$ м.

Тип вопроса: Множественный выбор



- a) 15‰ b) 0,015
c) 1:15 d) 1,5 %

5. Определите румб трассы автомобильной дороги:



- a) СЗ 38^0 b) ЮВ 52^0
c) СЗ 52^0 d) ЮВ 38^0

6. Какие отметки являются проектными на продольном профиле?

- a) оси проезжей части
b) кромки проезжей части
c) бровки земляного полотна

7. Какие мероприятия позволят обеспечить требуемое расстояние видимости дороги на кривых малого радиуса?

Тип вопроса: Множественный выбор

- a) устройство подкюветного дренажа
b) срезка или уположение внутреннего (для кривой) откоса выемки
c) устройство отгона виража и виража
d) вырубка кустарника в зоне видимости

8. При каком рельефе местности проектная линия наносится по обертывающей?

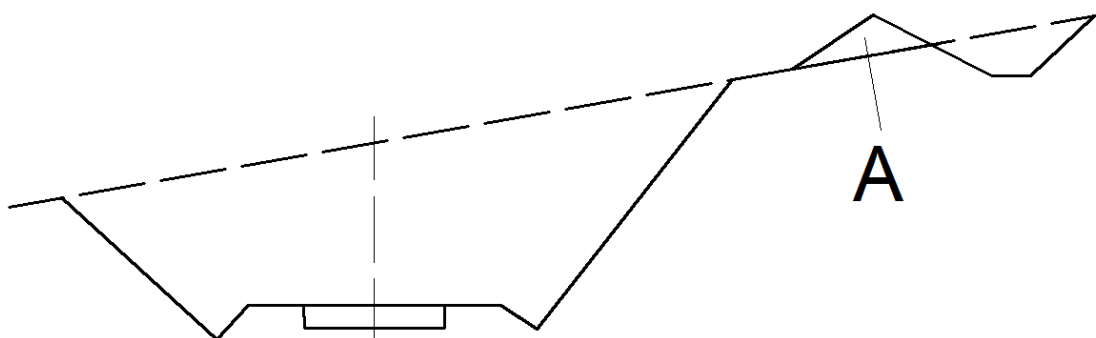
- a)** равнинном
- b)** горном
- c)** пересеченном

9. Назовите методы трассирования автомобильной дороги на карте

Тип вопроса: Множественный выбор

- a)** метод гибкой линейки
- b)** традиционный (тангенциальный)
- c)** метод инженера Антонова
- d)** метод тангенсов

10. Какой элемент поперечного профиля обозначен на рис. буквой «А»?



- a)** кромка
- b)** берма
- c)** канава
- d)** банкет

11. Какой тип местности по условиям увлажнения характеризуется наличием длительно стоящих поверхностных вод?

- a)** II
- b)** I
- c)** III

12. Что такое «поправка на корыто» при подсчете объемов земляных работ?

- a)** объем работ, равный объему дорожной одежды
- b)** объем работ, равный объему снимаемого растительного слоя
- c)** объем работ, равный объему земляных работ по устройству канав

13. По какой формуле определяется возвышение проектной линии над линией земли в местах снежных заносов при проектировании продольного профиля ?

- a) $H_{\text{снега}} + H_{\text{запаса}} + H_{\text{д.о.}}$
- b) $H_{\text{снега}} + H_{\text{д.о.}}$
- c) $H_{\text{снега}} + H_{\text{запаса}}$

14. Выдержаны ли руководящие отметки по снегонезаносимости и по уровню залегания грунтовых вод, если в Вологодской области на суглинке тяжелом запроектирована насыпь высотой 0,5 м при уровне залегания грунтовых вод – 0,3 м.

- a) да, выдержаны
- b) нет, не выдержаны
- c) в задаче недостаточно данных для однозначного ответа

15. По какой формуле определяется возвышение проектной линии над линией земли в местах устройства труб? ($h_{\text{тр}}$ - высота или диаметр трубы в свету, $\delta_{\text{ст}}$ - толщина стенки трубы, $h_{\text{зап}}$ - засыпка над трубой, $h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды)

- a) $h_{\text{тр}} + \delta_{\text{ст}} + h_{\text{зап}}$
- b) $h_{\text{тр}} + \delta_{\text{ст}} + h_{\text{до}}$
- c) $h_{\text{тр}} + \delta_{\text{ст}} + h_{\text{зап}} + h_{\text{до}}$

16. Различают следующие виды интенсивности движения

Тип вопроса: Множественный выбор

- a) приведенная b) исходная
- c) комбинированная d) перспективная

17. Какие из перечисленных контрольных и руководящих отметок продольного профиля соблюдают по принципу "приближения снизу"?

- a) отметки мостов
- b) отметки по снегонезаносимости
- c) отметки на пересечениях линий электропередач (ЛЭП)
- d) отметки из условий залегания уровня грунтовых вод (УГВ)

18. Какие из перечисленных грунтов применяются в земляном полотне очень ограниченно (по возможности даже следует исключать их присутствие в теле земляного полотна)?

Тип вопроса: Множественный выбор

- a) супесчаные грунты b) песчаные грунты
- c) торфы d) илистые грунты

ВАРИАНТ ОТКРЫТОГО ТЕСТА

(необходимо сформулировать ответы или решить задачи)

1. Перечислите виды автомобильных дорог по значению.
2. Дайте понятие «расчетная скорость» для проектирования автомобильной дороги. Зачем оно вводится?
3. Опишите трудные топографические условия проектирования.
4. Напишите формулы (2шт.) для определения пикетажного значения конца второго закругления. Все значения, входящие в формулы, покажите на схеме.
5. В продольном профиле запроектирована выпуклая кривая $R=10000$ м. Вершина кривой находится на ПК 214+00. Проектная отметка вершины 120,00. Определите, на каком пикете находится точка кривой с уклоном касательной минус 10‰ и какую отметку имеет эта точка.
6. Изобразите раскрытую выемку. На чертеже подпишите рекомендуемые заложения откосов. Укажите минимальную глубину кюветов.
7. Назовите расстояния видимости, которые нормируются при проектировании автомобильных дорог? Изобразите расчетные схемы, обозначьте расстояния.
8. Трасса имеет начальный азимут $A=300^0$, первый угол поворота – правый 40^0 , второй угол поворота – левый 50^0 . Изобразите теодолитный ход трассы и рассчитайте азимут, румб и дирекционный угол последней прямой.
9. Перечислите классы автомобильных дорог.
10. Что такое берма на автомобильной дороге?
11. По какой формуле определяется расстояние от начала участка до точек нулевых работ
 - для метода тангенсов;
 - метода инженера Антонова?
12. Трасса имеет начальный азимут $A=300^0$ и один правый угол поворота $U=40^0$. Каков азимут конечной прямой трассы?
13. Как называется сооружение правильной формы в грунте, устроенное вдоль верхней бровки (подошвы) выемки, служащее для защиты откосов выемки от поверхностных вод?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 3 февраля 2014 года): Федеральный закон от 08.11.2007 N 257-ФЗ [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
2. Об утверждении Правил присвоения автомобильным дорогам идентификационных номеров: приказ Минтранса России от 07.02.2007 N 16 [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
3. О Едином государственном реестре автомобильных дорог (с изменениями на 28 октября 2010 года): приказ Минтранса России от 20.05.2009 N 80 [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
4. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.СП (Свод правил) от 30.06.2012 N 34.13330.2012 [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
5. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги: СНиП 2.05.02-85* : утв. Госстроем СССР 17.12.85 № 233 : взамен СНиП II-Д.5-72 и СН 449-72: введ. 01.01.87 . – М. : ГУП ЦПП , 2004 . – 54 с.
6. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология: СНиП 23-01-99 : дата введ. 2000-01-01: взамен СНиП 2.01.01-82 / Госстрой России . – изд. офиц. . – М. : ГУП ЦПП , 2000 . – 58 с.
7. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. – Введен впервые: 01.05.2006 [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
8. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Введен впервые: 01.05.2006 [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
9. ГОСТ Р 21.1701-97 Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог / Госстрой России . – Введ. 01.06.97 . – М. : ГУП ЦПП , 1997 . – III, 29 с.
10. ГОСТ Р 21.1207-97. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог / Госстрой России . – Введ. 01.06.97 . – М. : ГУП ЦПП , 1997 . – III, 26 с. [Электронный ресурс] //Техэксперт: инф-справ. система /Консорциум «Кодекс»
11. ГОСТ 21204-93. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. – Взамен ГОСТ 21.108-78: Введ. 01.09.94. – М: Изд-во стандартов, 1994. – 38 с.
12. Методические рекомендации по оформлению выпускных квалификационных работ, курсовых проектов/работ для студентов очной, очно-заочной (вечерней) и заочной форм обучения . (Вып. 2) / сост.: А. Н. Тритенко, О. В. Сафонова . – Вологда : ВоГУ, 2014 . – 78, [1] с.
13. Методические рекомендации по определению климатических характеристик при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. – М., 1988. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41555/

14. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : утв. ГУГК при Совете Министров СССР 25 нояб. 1986 г. / Роскартография . – М. : Картгеоцентр , 2005 . – 284, [2] с., [1] отд. л. карт.
15. Ганьшин, В. Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В. Н. Ганьшин, Л. С. Хренов . – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра , 1985 . – 430 с.
16. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах: (Описание и таблицы) / Н.М. Антонов, Н.А. Боровков, Н.Я. Бычков и др. – М.: Транспорт, 1968. – 200 с.
17. Митин, Н.А. Таблицы для разбивки горизонтальных и вертикальных круговых кривых и закруглений с переходными кривыми на автомобильных дорогах / Н.А. Митин. – М.: Недра, 1978. – 469 с.
18. Митин, Н.А. Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог. / Н.А. Митин. – М.: Транспорт, 1977 - 544 с.
19. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 5. Проектирование автомобильных дорог [Электронный ресурс] / Г. А. Федотов; под ред. П.И. Поспелова. – М.: Инфотрактор, 2007. – 1466 с. – Режим доступа: <http://books.totalarch.com/n/0505>
20. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 1 / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов . – М. : Высш. шк., 2011 . – 645 с.
21. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 2 / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов . – М. : Высш. шк. , 2011 . – 518 с.
22. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
23. Автомобильные дороги: примеры проектирования: учеб. пособие для вузов / под ред. В.С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983.-303 с.
24. Альбом типовых проектных решений 503-0-48.87: Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. – Введ. 08.87. – М.: Союздорпроект, 1987. – 53 с.
25. Изыскания и проектирование автомобильных дорог : проектирование автомобиль. дорог: основы проектирования: метод. указания к курсовому и диплом. проектированию: ИСФ: специальность 270205. (Ч. 1) / сост. И. А. Рахимова . – Вологда : ВоГТУ , 2010 . – 27, [1] с.
26. Основы проектирования автомобильных дорог и городских улиц: методические указания к выполнению лабораторных работ / сост. И. А. Рахимова. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 28 с.
27. Ксенодочов, В.И. Таблицы для криволинейного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог: справочник / В.И. Ксенодочов. – М.: Транспорт, 1981. – 431 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет перспективной приведенной интенсивности движения и обоснование технической категории автомобильной дороги

В соответствии с заданием на проектирование исходная интенсивность движения N_0 составляет 200 физ. авт. / сут, коэффициент ежегодного прироста $K_r=1,05$. По формуле (1.1) определяем среднесуточную интенсивность на двадцатый год эксплуатации дороги.

$$N_{20}=200 \times 1,05=531, \text{ физ. авт./сут.}$$

Определяем перспективную приведенную интенсивность движения N_{20} . Исходные данные по составу транспортного потока: легковые автомобили – 45%; грузовые грузоподъемностью 2 т – 16%, 6 т – 16%; 10 т – 10%, автопоезда (12 т) – 8%, автобусы (6 т) – 5%. Коэффициенты приведения назначены в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [4], табл. Расчет приведенной интенсивности удобно выполнять в таблице П.1.1.

Таблица П.1.1

Расчет перспективной приведенной интенсивности движения

Типы транспортных средств (автомобилей)	Исходные данные		N_{20} , авт./сут.	Коэффициент приведения по СП [4]	Интенсивность $N_{20\text{привед.}}$, прив. ед/сут.
	Грузоподъемность, т	Количество в составе транспортного потока, %			
Легковые автомобили	1	45	238,95	1,0	238,95
Легкие грузовые	2	16	84,96	1,5	127,44
Средние грузовые	6	16	84,96	2	169,92
Тяжелые грузовые	10	10	53,10	2,5	132,75
Автопоезда	12	8	42,48	3,5	148,68
Автобусы	6	5	26,55	2,0	53,10
ИТОГО		100	531		871

По результатам расчета в таблице П.1.1 перспективная приведенная интенсивность движения на 20-й год ($N_{20\text{привед}}$) составила 871 прив. ед./сут., что по данным табл. 1.3 соответствует дороге IV технической категории.

Пример характеристики района проектирования автомобильной дороги

Курганская область расположена на стыке Урала и Сибири, в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, в бассейне рек Тобола и Исети. Территория области - 71,5 тыс. кв. км, протяженность с запада на восток - 430 км, с севера на юг - 290 км. Область имеет выгодное экономико-географическое положение. По ее территории проходит электрифицированная транссибирская железнодорожная магистраль, магистральные нефте- и газопроводы. Она граничит со Свердловской, Челябинской, Тюменской областями и Казахстаном. Это благоприятствует развитию широких внутри- и межрегиональных связей, использованию уральского металла, нефти и газа Сибири, сибирского и казахстанского угля, других полезных ископаемых.

Расположение Курганской области в глубине огромного континента определяет ее климат как континентальный. Она удалена от теплых морей Атлантического океана, отгорожена с запада Уральским хребтом, находится близко от центра материка, совершенно открыта с северной стороны и очень мало защищена с юга. Поэтому на территорию области легко проникают как арктические холодные массы, так и теплые сухие – из степей Казахстана, что ведет к неустойчивым метеорологическим условиям. Большое влияние на климат оказывают континентальные воздушные массы умеренных широт, приходящие из Восточной Сибири. Численность населения области на 01.01.2010 года составляет 960,4 тыс. человек, из которых 56,6% – городские жители. К трудоспособному относится 61,2% населения, моложе трудоспособного возраста – 17,3%, старше трудоспособного возраста – 21,5%.

В области 24 района, 9 городов, из них 2 - областного подчинения. Крупные города: Курган (330 тыс. чел.), Шадринск (79,5 тыс. чел.). Почти вся территория области расположена в бассейне реки Тобол, и лишь восточные районы относятся к Тобол-Ишимскому междуречью и являются бессточной зоной. В Курганской области протекает 449 водотоков общей протяженностью 5175 км, насчитывается 2943 озера общей площадью 3000 кв. км, что составляет 4 % от площади области. Из общего количества озер 88,5 % - пресные, 9 % - соленые, 2,5 % - горько-соленые. Некоторые из них по минералогическим свойствам воды соответствуют лучшим природным здравницам России. Большой популярностью пользуются курорты "Озеро Медвежье", "Сосновая роща", детские санатории в Шумихинском и Щучанском районах. Озеро Медвежье является самым крупным из соленых озер области (5853 га). Минерализация его хлоридного натриевого рассола составляет 120-270 г/л, достигая в летнее время 360-400 г/л. На дне озера залегают значительные запасы сульфидных грязей. По лечебным свойствам вода озера Медвежье является аналогом воды Мертвого моря. В фауне Курганской области сочетаются лесные, степные и лесостепные виды животных. Исследования, проведенные на территории области, подтверждают наличие 55 видов млекопитающих, 286 видов птиц, 5 видов рептилий, 9 видов амфибий, 27 видов рыб, 2100 видов беспозвоночных. На территории области обитает русская выхухоль – вид, включенный в Красную книгу Международного союза охраны природы, Красные книги Российской Федерации и Курганской области. Водные объекты рыбохозяйственного значения представлены 2878 озерами площадью 275 тыс. га, 95 реками протяженностью 3,9 тыс. км и 28 водохранилищами площадью 2,6 тыс. га. Курганская область располагает богатыми минерально-сырьевыми ресурсами. В области ведется добыча следующих полезных ископаемых: урана, бентонитовых глин, минеральных и питьевых подземных вод, строительных камней, кирпичных глин, строительных песков.

Граничит Курганская область на севере и северо-западе со Свердловской областью, на западе и юго-западе - с Челябинской, на юге и юго-востоке - с Казахстаном, на востоке и северо-востоке - Тюменской областью. Курганская область лежит на оси Транссибирской железной дороги, которая соединяет ее с важнейшими экономическими центрами европейской и азиатской частей страны и особенно тесно связывает с Уралом.

Курганская область - сельскохозяйственная. Выращиваются зерновые (в основном яровая пшеница) и кормовые культуры. Высок удельный вес области в производстве мяса, молока и животного масла. Развито птицеводство.

Основные отрасли промышленности: машиностроение (химическое, сельскохозяйственное, полиграфическое, производство автобусов, отдельных узлов для автомашин и дорожно-строительного оборудования), пищевая (мясная, мукомольная, маслосыродельная, молочная), легкая (швейное, трикотажное, кожевенно-обувное производство и производство ковров).

Климат резко континентальный; средняя температура января – минус 18 градусов, средняя температура июля – плюс 19 градусов.

Значительное удаление территории области от морей, щит Уральских гор с запада, с юга прямое соседство с обширными степными районами, а также рельеф местности и особенности циркуляции воздушных масс определяют континентальный характер климата (холодная малоснежная зима и теплое сухое лето). Для весны характерны частые возвраты холодов. Недостаток влаги летом, периодически повторяющиеся засухи. Все это делает территорию лесостепного Зауралья зоной, рискованной для земледелия.

Годовой ход температуры воздуха резкий и сочетается с большой изменчивостью температур зимних и весенних месяцев. Наибольшая неустойчивость погоды наблюдается в начале зимы - декабре, в весенние месяцы - апреле, мае. Самым холодным бывает январь, а самым теплым месяцем - июль.

Таблица П.2.1

Среднемесячная температура воздуха (в градусах Цельсия)

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
18,5	16,7	10	2,9	11,8	16,8	18,8	16,1	10,4	2	7,8	15,5

Средняя годовая сумма осадков по территории области изменяется в пределах от 320 до 470 мм. Количество осадков уменьшается с северо-запада на юго-восток. Летние осадки значительно преобладают над зимними, максимум приходится на июль и достигает на западе 70-80 мм, на юго-востоке 50-60 мм.

Зима в Курганской области самый продолжительный из всех сезонов года. Период с устойчивым снежным покровом колеблется от 150 до 160 дней. Высота снежного покрова в среднем достигает 38 см на севере и 26 см на юге, но она значительно колеблется в разные годы. Устанавливается снежный покров в конце первой и начале второй декады ноября. В начале апреля происходит разрушение зимнего покрова, а к концу второй декады снег окончательно сходит на территории всей области.

Таблица П.2.2

Повторяемость ветра по направлениям

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	4	5	10	13	14	38	12	4
июнь	16	15	7	9	7	13	14	19

Далее может быть выполнено построение зимней и летней розы ветров и составлен дорожно-климатический график.

Пример трассирования автомобильной дороги по склону

Исходные данные: масштаб карты М 1:25000, сплошные горизонталы проведены через 5 м, допустимый продольный уклон $i_{доп} = 50\%$.

При укладке трассы с заданным уклоном можно добиться оптимального положения, используя раствор циркуля. Выполняем расчет раствора циркуля из условий максимального допустимого продольного уклона проектируемой дороги по формуле 5.8:

$$l = \frac{5}{0,050} \cdot \frac{1}{25000} = 0,004 \text{ м} = 4 \text{ мм.}$$

Закрепив раствор циркуля, равный 4 мм, выбирают направление хода на сложном участке рельефа местности так, чтобы острие циркуля попадало на каждую последующую сплошную горизонталь (рис. П.3.1).

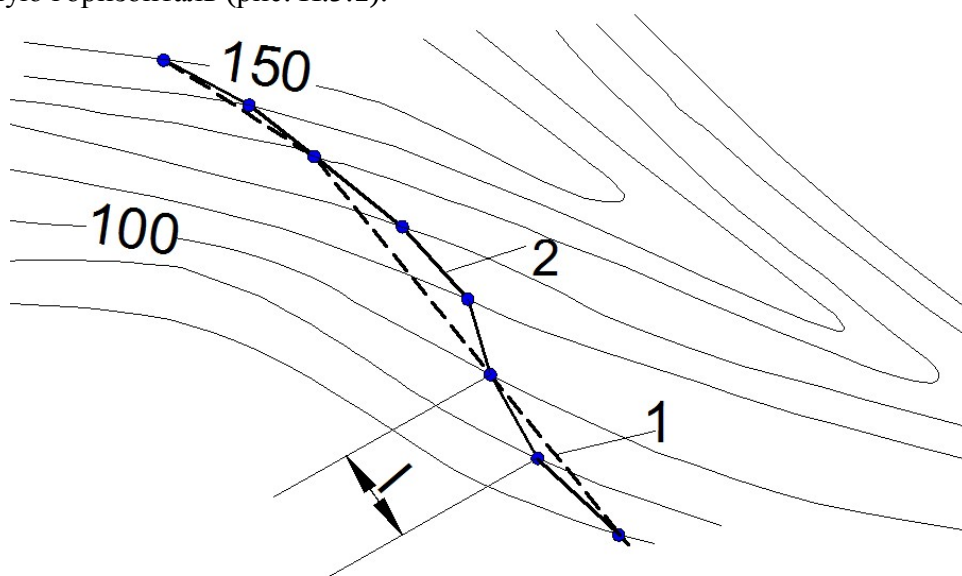


Рис. П.3.1 - Проложение трассы заданного уклона: 1- спрямленный участок; 2- проложение трассы «раствором циркуля».

Полученный ход представляет собой ломаную, обозначенную цифрой 2 на рис. П.3.1. Полученную ломаную необходимо спрямить так, чтобы обеспечить продольный уклон местности, максимально приближенный к рассчитанному. На рис. П.3.1 спрямление выполнено по участкам (линия под номером 1), т.е. трасса будет иметь угол поворота в точке перелома спрямляющей линии.

$$3) \sum l + \sum K = \Pi K K_{mp};$$
$$1) \Sigma L - \Sigma D = \Pi K K_{mp};$$

Ведомость углов поворотов, прямых, кривых

Проверки:

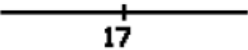
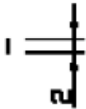
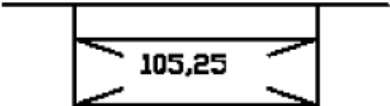
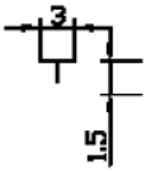
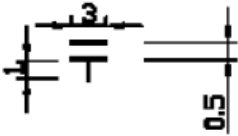
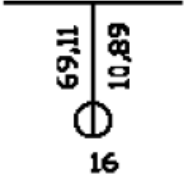
$$3) \sum I + \sum K = \Pi K K_{mp},$$

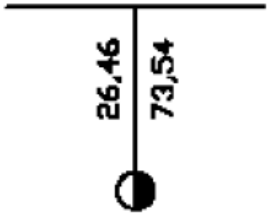
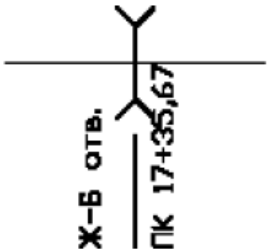
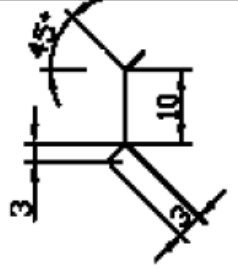
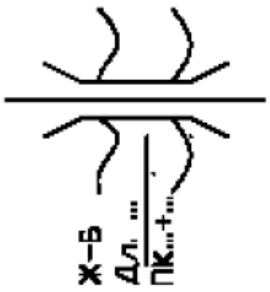
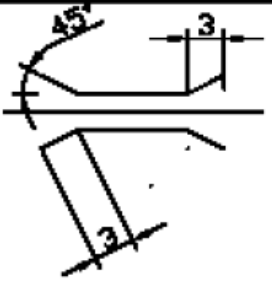
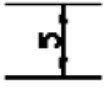
$$5) \sum_l^n \alpha_{np} + \sum_l^n \alpha_{\pi} = r_H \pm r_K$$

$$4) \sum_{K3} \Pi_{K3} - \sum_{K3} \Pi_{K3} = \sum_{K3} K$$

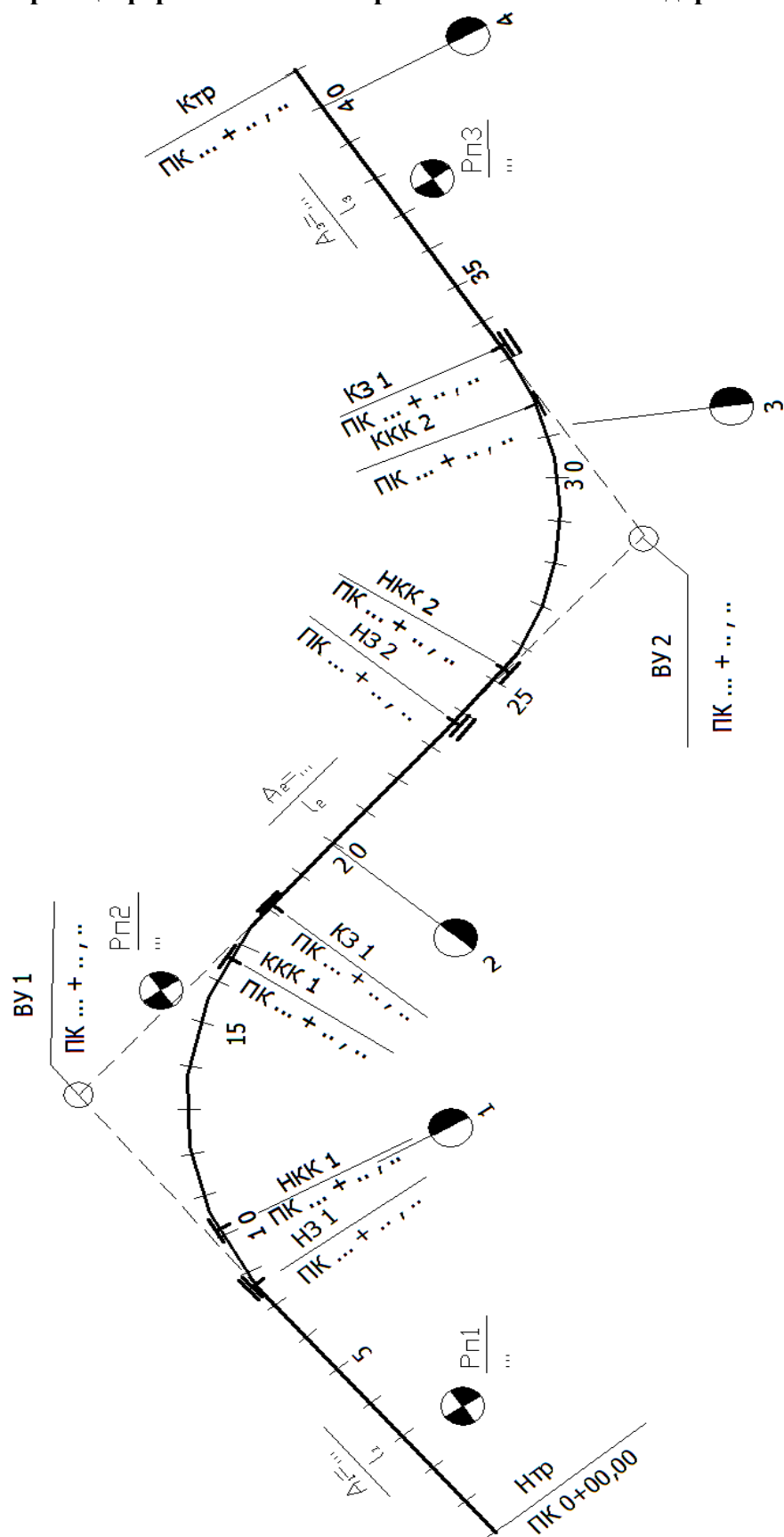
$$2) \sum 2T - \sum K = \sum D;$$

Условные графические изображения на планах транспортных сооружений

Наименование изображения и обозначения	Условное графическое изображение и обозначения	Размеры, мм
1	2	3
1. Пикет		
2. Пикет неправильный		
3. Точка (вершина) угла поворота кривой	ВУ 12 	
4. Знак тангенса круговой кривой	T	
5. Знак тангенса переходной кривой	T	
6. Указатель километровой для существующих автомобильных дорог		

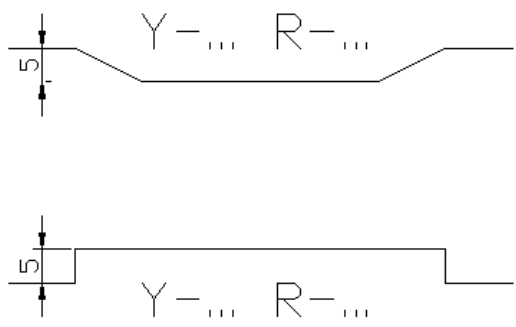
1	2	3
7. Указатель километровый для проектируемых автомобильных и железных дорог		
8. Труба с оголовком расстрельного типа		
9. Мост		
10. Репер		
11. Румб прямого участка		

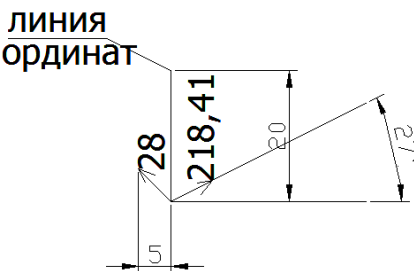
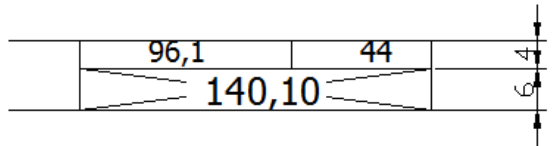
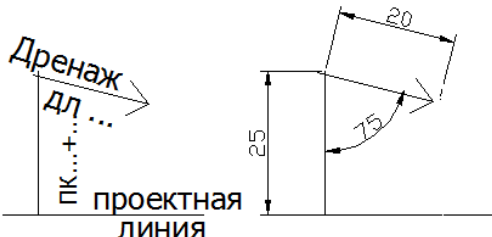
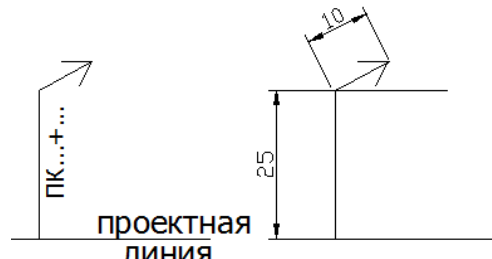
Образец оформления плана трассы автомобильной дороги

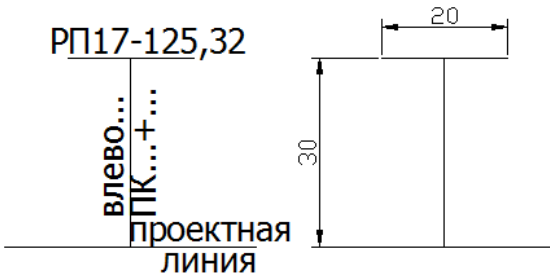
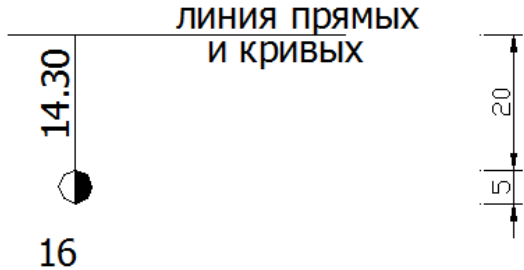
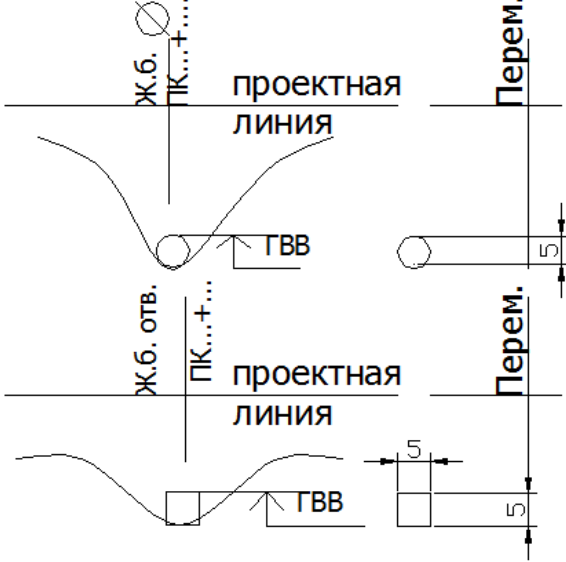
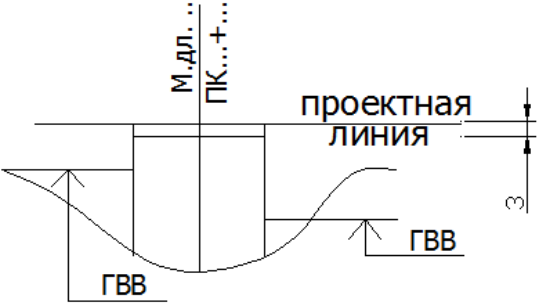


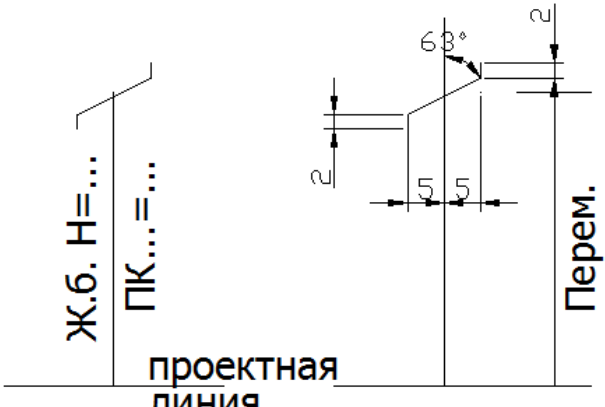
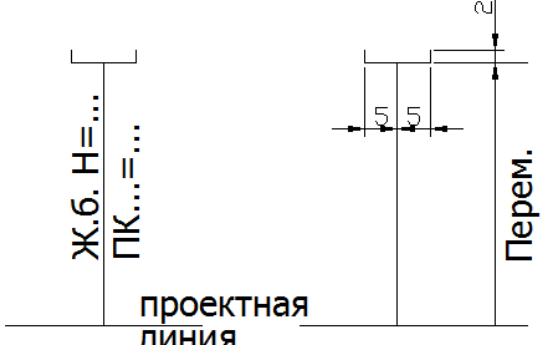
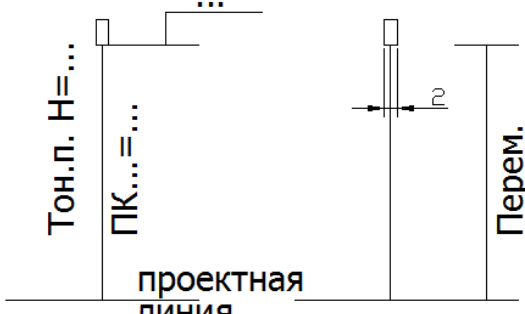
Условные графические изображения на продольном профиле автомобильной дороги

1. Пересечение автомобильных дорог	
2. Съезд или примыкание к автомобильной дороге	
3. Развязка автомобильных дорог в разных уровнях а) на пересечении б) на примыкании	
4. Пикет и расстояния между точками перелома фактической поверхности земли	
5. Вертикальная кривая Примечания: 1. Вертикальные кривые показывают горизонтальной линией, ограниченной с одной или двух сторон наклонными линиями, с указанием величин: уклона, радиуса, длины кривой и местоположения точки с нулевыми значениями кривизны. 2. Величину уклона криволинейного участка не указывают, если смежный участок прямолинейный	

6. Прямолинейный участок Примечание: Над прямолинейным участком указывают величину уклона (со знаком "+" при подъеме дороги и знаком "-" - при спуске) и длину участка с этим уклоном	
7. Кривые в плане а) криволинейный участок дороги при наличии переходной кривой б) то же, без переходных кривых. Примечание: Криволинейные участки дороги в плане показывают горизонтальными линиями, смещенными вверх - при повороте дороги влево или вниз - при повороте дороги вправо. На кривой указывают величины угла поворота и радиуса закругления	
8. Точки сопряжения элементов. Примечание: В точках сопряжения различных участков дороги над проектной линией проводят линии ординат, слева от которых указывают расстояние до ближайшего пикета и уклон с соответствующим знаком, справа - проектную отметку. Величину радиуса указывают с внутренней стороны вертикальной кривой (со знаком "+" для выпуклой кривой и знаком "-" для вогнутой)	

9. Точки с нулевым значением кривизны Примечание: Стрелки показывают направление изменения кривизны. Слева от ординаты указывают расстояние до пикета, справа - проектную отметку.	
10. Канавы нагорная или водоотводная	
11. Пикеты неправильные на новых линиях	
12. Дренаж	
13. Сброс воды Примечание: Направление стрелки соответствует направлению возрастания километража, а ее наклон вверх обозначает сброс воды влево, вниз - сброс воды вправо.	

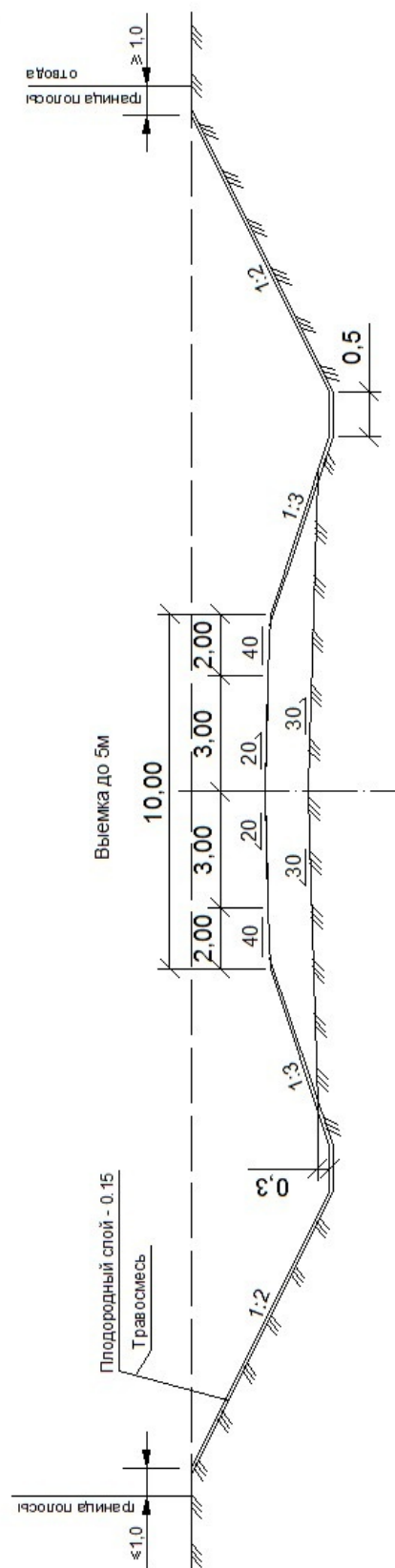
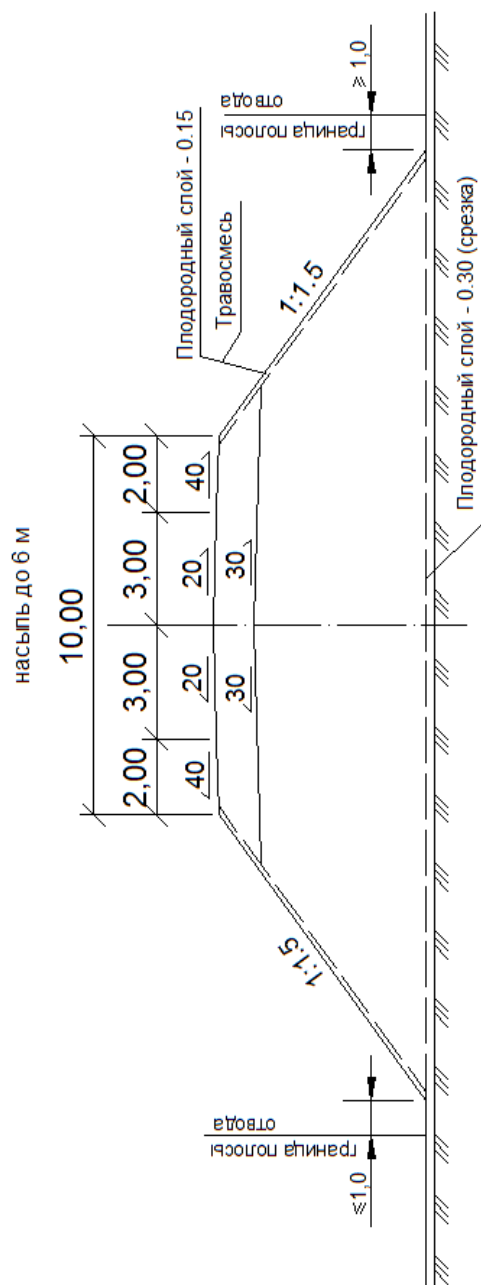
14. Репер или марка геодезическая	
15. Указатель километров	
16. Труба водопропускная: а) круглая б) прямоугольная	
17. Мост, путепровод, виадук и эстакада	

18. Путепровод над проектируемой дорогой	
19. Мост пешеходный	
20. Тоннель пешеходный	

Форма ведомости попикетного подсчета объемов земляных работ

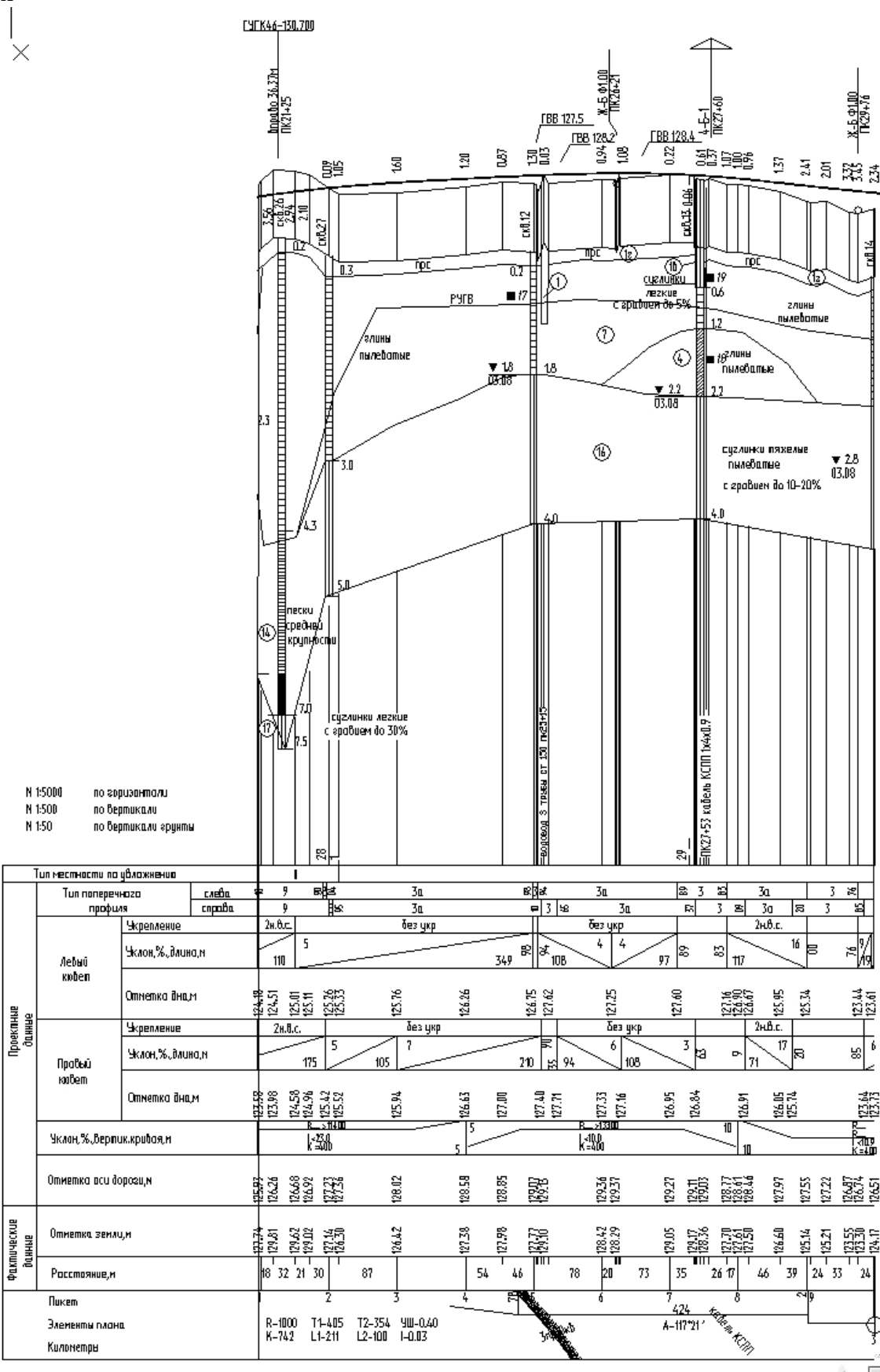
Километр	Пикет	Плюс	Рабочие отметки, м		Средняя рабочая отметка, м		Разность рабочих отметок, м		Длина участка, м		Объем земляных работ		Поправка, м³				Полный объем, м³		Примечание
			насыпь	выемка	насыпь	выемка	насыпь	выемка	на коры- то	насыпь	на разность рабочих отметок	на растительный слой	на уширение	на косоугорность	насыпь	выемка			

Примеры оформления поперечных профилей автомобильной дороги



ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Пример оформления продольного профиля автомобильной дороги общего пользования



Учебное издание

Ирина Александровна Рахимова

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Учебное пособие

Редактор – Л.А. Перерукова

Подписано в печать 06.03.2014. Формат 60 × 90/16

Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.-п.л. 7,5. Тираж экз. Заказ №

Отпечатано: РИО, ВоГУ 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15

