

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

**А.В. ЕРЕМИН, О.А. ВОЛОКИТИНА,
О.В. ГЛАДЫШЕВА, Н.Ю. АЛИМОВА**

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Воронеж 2021

УДК 625.7(075.8)
ББК 39.311я7
О753

Рецензенты:

кафедра инженерно-аэродромного обеспечения ФГКВООУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Н.Н. Мельничук, к.т.н., заместитель генерального директора ООО «Центр-Дорсервис» (г. Воронеж)

Авторский коллектив:

А.В. Еремин, О.А. Волокитина, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова

Основы проектирования автомобильных дорог: учебное пособие /
О753 А.В. Еремин, О.А. Волокитина, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова; ФГБОУ
ВО «Воронежский государственный технический университет». -
Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2021. - 111 с.
ISBN 978-5-7731-

Учебное пособие содержит основные понятия, определения, теоретические положения и принципы проектирования автомобильных дорог. Приводятся необходимые справочные материалы, примеры расчета и оформления чертежей при проектировании автомобильных дорог.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» профили «Автомобильные дороги», «Автомобильные мосты и тоннели», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений», 08.04.01 «Строительство» программа «Современные технологии проектирования автомобильных дорог и мостов» при курсовом проектировании, выполнении выпускной квалификационной работы, для самостоятельной и научной работы.

Ил.50, Табл.31, Прил.8. Библиогр.: 35 назв.

УДК 625.7(075.8)
ББК 39.311я7

Рекомендовано учебно-методическим советом ВГТУ в качестве учебного пособия

ISBN 978-5-7731-

© А.В. Еремин, О.А. Волокитина,
О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова, 2021
© ВГТУ, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги имеют стратегическое значение для Российской Федерации. Они связывают обширную территорию страны, обеспечивают жизнедеятельность всех городов и населенных пунктов и во многом определяют возможности развития регионов, по ним осуществляются самые массовые автомобильные перевозки грузов и пассажиров, поэтому надежность работы всего комплекса, входящего в понятие автомобильной дороги как инженерного сооружения, предопределяется в первую очередь грамотным проектированием.

В учебном пособии «Основы проектирования автомобильных дорог» приведена краткая историческая справка возникновения автомобильных дорог на территории России, рассмотрены положения теоретического курса по обоснованию технических норм, проектированию дороги в плане, разработке продольного и поперечных профилей, расчету и проектированию виражей и их отгонов, методу расчета объемов земляных работ, представлены аспекты использования систем автоматизированного проектирования при решении поставленных задач. В пособии выполнен разбор примеров проектирования элементов автомобильной дороги и уделено внимание вопросам оформления чертежей. Имеются ссылки на действующие нормативные документы. Для закрепления и проверки знаний в конце каждого раздела размещены вопросы для самопроверки.

Учебное пособие соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» профили «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и тоннели», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений», 08.04.01 «Строительство» программа «Современные технологии проектирования автомобильных дорог и мостов» и предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Основы проектирования дорог», «Автомобильные дороги и технологии их строительства», «Автомобильные дороги и мосты», «Введение в специальность», «Геометрическое моделирование (AutoCAD)», «Изыскания и проектирование автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений», «Тенденции развития автомагистралей по территории Российской Федерации», «Современные технологии изысканий и проектирования транспортных сооружений», «Концептуальное проектирование транспортных сооружений на стадии предпроекта», «Пространственное моделирование транспортных сооружений», «Современные технологии пространственного моделирования транспортных сооружений», «Проектная деятельность». Может использоваться при курсовом проектировании, выполнении выпускной квалификационной работы, для самостоятельной и научной работы.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильная дорога представляет собой комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения [30].

Они имеют огромное значение для экономической, политической, промышленной, культурной и социальной жизни нашей страны. Как самый дорогостоящий элемент экономической системы государства, автомобильная дорога слагает транспортную доступность внутри системы, коренным образом влияя на скорость и динамику взаимоотношений элементов экономики в целом [27].

Все автомобильные дороги без исключения, образуют собой Всероссийскую сеть автомобильных дорог.

Дорожная сеть - совокупность всех общественных дорог на определенной территории. Проектирование автомобильных дорог должно осуществляться на основе планов территориального планирования объектов транспорта с учетом перспектив развития экономических районов и наиболее эффективного слияния строящейся дороги с существующей и проектируемой транспортной сетью [30].

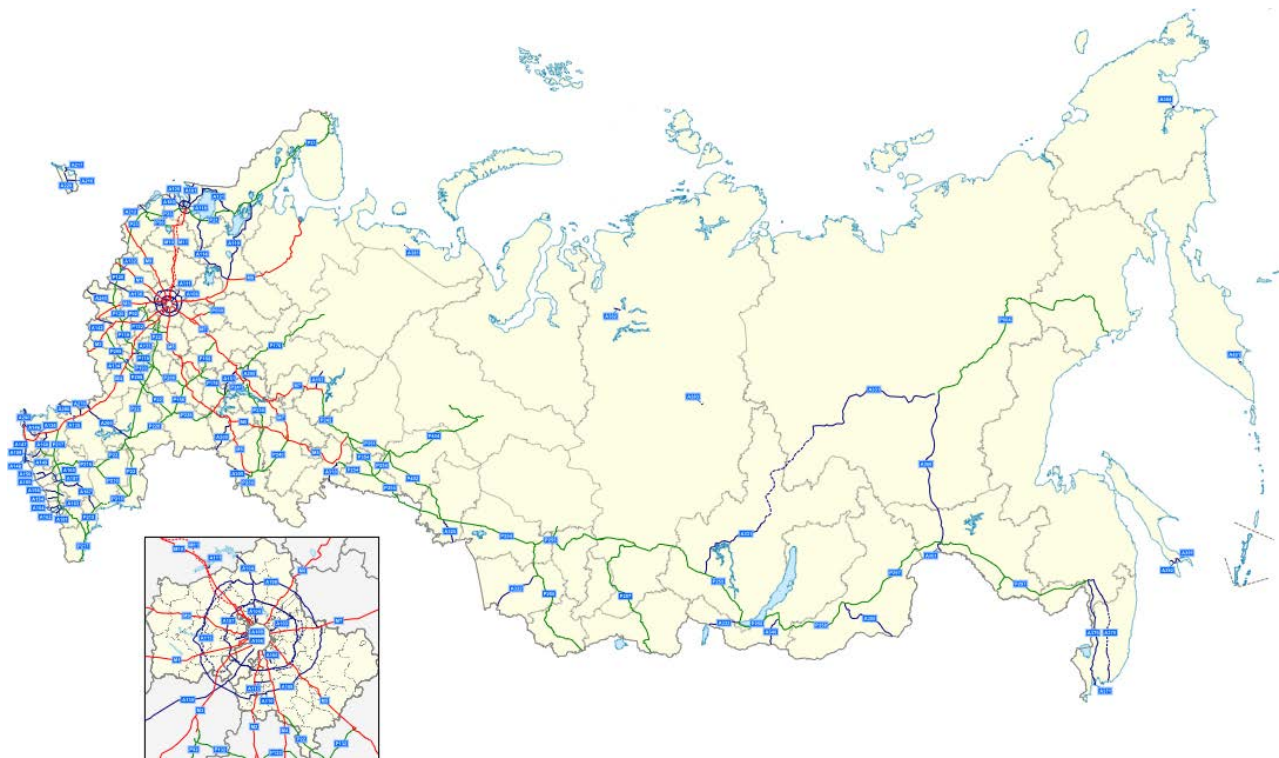


Рис. 1.1. Схема сети автомобильных дорог России

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.

Для дорог I-III категорий (новое строительство) их трассу прокладывают в обход населенных пунктов. В случаях, когда по технико-экономическим расчетам установлена целесообразность проложить трассу дороги категорий II-III через населенный пункт в целях обеспечения в дальнейшем ее реконструкции, принимают расстояние от бровки земляного полотна до линии застройки населенного пункта в соответствии с генеральным планом населенных пунктов, но не менее 200 м [30]. При невозможности обеспечить данное требование категорию дороги в пределах населенного пункта и ее расчетные параметры назначают в соответствии с требованиями СП 42.13330. На дорогах категорий I и II, проектируемых на расстоянии менее 50 м от жилой застройки, должны быть предусмотрены защитные экраны на длину жилой застройки населенного пункта [30].

1.1. Классификация автомобильных дорог

Согласно Федеральному Закону от 08.11.2007 N 257-ФЗ (с изменениями на 15 октября 2020 года) «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» используются следующее основное понятие [18]:

Автомобильная дорога - объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, - защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог [18, 30].

Автомобильные дороги **в зависимости от их значения** подразделяются на:

- 1) автомобильные дороги федерального значения;
- 2) автомобильные дороги регионального или межмуниципального значения;
- 3) автомобильные дороги местного значения;
- 4) частные автомобильные дороги.

Автомобильные дороги в зависимости от вида разрешенного использования подразделяются на автомобильные дороги общего пользования и автомобильные дороги **необщего пользования** [18].

К автомобильным дорогам **общего пользования** относятся автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц [18].

К автомобильным дорогам необщего пользования относятся автомобильные дороги, находящиеся в собственности, во владении или в пользовании исполнительных органов государственной власти, местных администраций (исполнительно-распорядительных органов муниципальных образований), физических или юридических лиц и используемые ими исключительно для обеспечения собственных нужд либо для государственных или муниципальных нужд. Перечни автомобильных дорог необщего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения утверждаются соответственно уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации. В перечень автомобильных дорог необщего пользования регионального или межмуниципального значения не могут быть включены автомобильные дороги необщего пользования федерального значения и их участки. Перечень автомобильных дорог необщего пользования местного значения может утверждаться органом местного самоуправления [12, 18].

Автомобильными дорогами общего пользования федерального значения являются автомобильные дороги:

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

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

Автомобильными дорогами общего пользования федерального значения могут быть 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 Российской Федерации, не имеющие автомобильных дорог общего пользования, соединяющих соответствующий административный центр субъекта Российской Федерации со

столицей Российской Федерации - городом Москвой, и ближайшие морские порты, речные порты, аэропорты, железнодорожные станции.

Перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения утверждается Правительством Российской Федерации.

Критерии отнесения автомобильных дорог общего пользования к автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения и перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения утверждаются высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации. В перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения не могут включаться автомобильные дороги общего пользования федерального значения и их участки [18, 19].

Автомобильными дорогами общего пользования местного значения поселения являются автомобильные дороги общего пользования в границах населенных пунктов поселения, за исключением автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения, частных автомобильных дорог. Перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения поселения может утверждаться органом местного самоуправления поселения [18, 19].

Автомобильными дорогами общего пользования местного значения муниципального района являются автомобильные дороги общего пользования в границах муниципального района, за исключением автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог общего пользования местного значения поселений, частных автомобильных дорог. Перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения муниципального района может утверждаться органом местного самоуправления муниципального района [18].

Автомобильными дорогами общего пользования местного значения городского округа являются автомобильные дороги общего пользования в границах городского округа, за исключением автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения, частных автомобильных дорог. Перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения городского округа может утверждаться органом местного самоуправления городского округа [18].

К **частным** автомобильным дорогам общего пользования относятся автомобильные дороги, находящиеся в собственности физических или юридических лиц, не оборудованные устройствами, ограничивающими проезд транспортных средств неограниченного круга лиц. Иные частные автомобильные дороги относятся к частным автомобильным дорогам необщего пользования [18].

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от условий проезда по ним и доступа на них транспортных средств подразделяются на

автомагистрали, скоростные автомобильные дороги и обычные автомобильные дороги (табл.1.1) [18, 30].

Таблица 1.1

Деление автомобильных дорог на классы [18, 30]

Класс автомобильной дороги	Характерные особенности
АВТОМАГИСТРАЛЬ	<ul style="list-style-type: none"> - на всем протяжении представляет собой многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой; - отсутствуют пересечения в одном уровне; - въезд возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.
СКОРОСТНАЯ ДОРОГА	<ul style="list-style-type: none"> - на всем протяжении представлена многополосной проезжей частью с центральной разделительной полосой; - отсутствуют пересечений в одном уровне; - въезд 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.
АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА ОБЫЧНОГО ТИПА	<ul style="list-style-type: none"> - не является скоростной дорогой; - въезд возможен через пересечения и примыкания как в одном, так и разных 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.

К **автомагистралям** относятся автомобильные дороги, которые не предназначены для обслуживания прилегающих территорий и:

1) которые имеют на всей своей протяженности несколько проезжих частей и центральную разделительную полосу, не предназначенную для дорожного движения;

2) которые не пересекают на одном уровне иные автомобильные дороги, а также железные дороги, трамвайные пути, велосипедные и пешеходные дорожки;

3) доступ на которые возможен только через пересечения на разных уровнях с иными автомобильными дорогами, предусмотренные не чаще чем через каждые пять километров;

4) на проезжей части или проезжих частях которых запрещены остановки и стоянки транспортных средств;

5) которые оборудованы специальными местами отдыха и площадками для стоянки транспортных средств [18, 30].

Автомобильные дороги, относящиеся к автомагистралям, должны быть специально обозначены в качестве автомагистралей.

Скоростная дорога - дорога для скоростного движения, доступ на которую возможен только через транспортные развязки или регулируемые перекрестки, на проезжей части или проезжих частях которых запрещены остановки и стоянки транспортных средств и которые оборудованы специальными местами отдыха и площадками для стоянки транспортных средств [18, 30].

К **обычным автомобильным дорогам** относят автомобильные дороги, имеющие одну или несколько проезжих частей [18, 30].

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 [18, 30].

Классификация автомобильных дорог и их отнесение к категориям автомобильных дорог (первой, второй, третьей, четвертой, пятой категориям) осуществляются в зависимости от транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств автомобильных дорог в порядке, установленном Правительством Российской Федерации [18, 30].

1.2. Автомобильные дороги по праву собственности

Автомобильные дороги могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной собственности, а также в собственности физических или юридических лиц [18].

К федеральной собственности относятся автомобильные дороги, которые включены в перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения или перечень автомобильных дорог необщего пользования федерального значения, утверждаемые соответственно Правительством Российской Федерации, уполномоченными федеральными органами исполнительной власти [18].

Автомобильные дороги, которые включаются в перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения или перечень автомобильных дорог необщего пользования федерального значения, утверждаемые соответственно Правительством Российской Федерации, уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, являются федеральной собственностью (передаются в федеральную собственность в порядке, установленном федеральными законами и Правительством Российской Федерации) [18].

Автомобильные дороги, которые исключаются из утвержденных соответственно Правительством Российской Федерации, уполномоченными федеральными органами исполнительной власти перечня автомобильных дорог общего пользования федерального значения или перечня автомобильных дорог необщего пользования федерального значения, передаются в собственность субъектов Российской Федерации или муниципальную собственность в порядке, установленном федеральными законами и Правительством Российской Федерации [18].

К собственности субъекта Российской Федерации относятся автомобильные дороги, которые включены в перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения либо перечень автомобильных дорог необщего пользования регионального или межмуниципального значения, утверждаемые высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации [18].

Автомобильные дороги, которые включаются в перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения либо перечень автомобильных дорог необщего пользования регионального или межмуниципального значения, утверждаемые высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации, являются собственностью субъекта Российской Федерации (передаются в собственность субъекта Российской Федерации в порядке, установленном федеральными законами и Правительством Российской Федерации) [18].

Автомобильные дороги, которые исключаются из перечня автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения либо перечня автомобильных дорог необщего пользования регионального или межмуниципального значения, утвержденных высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации, передаются в собственность Российской Федерации или муниципальную собственность в порядке, установленном федеральными законами и Правительством Российской Федерации [18].

К собственности поселения относятся автомобильные дороги общего и необщего пользования в границах населенных пунктов поселения, за исключением автомобильных дорог федерального, регионального или межмуниципального значения, частных автомобильных дорог [18].

К собственности городского округа относятся автомобильные дороги общего и необщего пользования в границах городского округа, за исключением автомобильных дорог федерального, регионального или межмуниципального значения, частных автомобильных дорог [18].

К собственности муниципального района относятся автомобильные дороги общего и необщего пользования в границах муниципального района, за исключением автомобильных дорог федерального, регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения поселений, частных автомобильных дорог [18].

Включение автомобильной дороги в перечень автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения либо перечень автомобильных дорог необщего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения является основанием для закрепления такой автомобильной дороги за владельцем автомобильной дороги на соответствующем вещном праве [18].

К собственности физических или юридических лиц относятся автомобильные дороги, построенные физическими или юридическими лицами за счет собственных средств на предоставленных таким лицам в установленном земельным законодательством порядке земельных участках, или автомобильные дороги, переданные в собственность таких лиц в соответствии с законодательством Российской Федерации [18].

1.3. Автомобильные дороги оборонного значения

Автомобильными дорогами оборонного значения являются автомобильные дороги, необходимые для обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации, а также автомобильные дороги, соединяющие военные, важные государственные и специальные объекты и предназначенные в условиях военного времени для воинских перевозок, эвакуации населения, объектов хозяйственного, социального и культурного назначения [18].

В целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации автомобильные дороги независимо от их форм собственности и значения могут быть отнесены к автомобильным дорогам оборонного значения в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Перечень автомобильных дорог оборонного значения утверждается Правительством Российской Федерации [18].

Включение автомобильной дороги в перечень автомобильных дорог оборонного значения не является основанием для ограничения движения транспортных средств по такой автомобильной дороге, за исключением случаев ее использования в период действия военного положения, и не влечет за собой изменение формы собственности на такую автомобильную дорогу [18].

Порядок использования автомобильной дороги оборонного значения и ее восстановления в период действия военного положения, порядок проведения мероприятий по ее техническому прикрытию в мирное время, порядок возмещения собственнику автомобильной дороги ущерба, связанного с проведением указанных мероприятий, утверждаются Правительством Российской Федерации [18].

1.4.Идентификационные номера и наименования автомобильных дорог

Автомобильные дороги общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения должны иметь наименования [18, 19].

Наименования присваиваются:

1) автомобильным дорогам федерального значения федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства;

2) автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Автомобильные дороги общего пользования местного значения могут иметь наименования, которые им присваиваются соответствующим органом местного самоуправления по согласованию с уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации [18, 19].

Частные автомобильные дороги могут иметь наименования, которые им присваиваются собственниками таких автомобильных дорог.

Наименование автомобильной дороги, соединяющей населенные пункты, как правило, должно состоять из наименований соединяемых этой автомобильной дорогой населенных пунктов. В наименовании автомобильной дороги допускается указывать наименования населенных пунктов, расположенных вблизи автомобильной дороги, наименования географических или иных объектов, наименования исторических событий, а также допускается устанавливать наименование автомобильной дороги с учетом национальных традиций и особенностей соответствующих местностей. Наименование автомобильной дороги должно указываться соответственно 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 [18, 19].

Автомобильные дороги должны иметь идентификационные номера [18,19]. Идентификационные номера присваиваются:

1) федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства - автомобильным дорогам федерального значения;

2) органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации - автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения;

3) органами местного самоуправления поселений - автомобильным дорогам местного значения поселений;

4) органами местного самоуправления городских округов автомобильным дорогам местного значения городских округов;

5) органами местного самоуправления муниципальных районов - автомобильным дорогам местного значения муниципальных районов;

6) физическими или юридическими лицами, являющимися собственниками частных автомобильных дорог, - частным автомобильным дорогам.

Идентификационный номер автомобильной дороги должен указываться соответственно 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 [18, 19].

Присвоение автомобильным дорогам идентификационных номеров осуществляется в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти [19], осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере дорожного хозяйства [18].

Наименования и идентификационные номера автомобильных дорог, входящих в состав международной транспортной сети, устанавливаются в соответствии с международными договорами Российской Федерации.

1.5. Протяженность автомобильных дорог

Протяженность автомобильной дороги исчисляется от начального населенного пункта до конечного населенного пункта или до Государственной границы Российской Федерации. Протяженность автомобильной дороги в границах населенного пункта исчисляется от начальной точки до конечной точки автомобильной дороги по ее центральной оси [18].

За условную начальную точку и условную конечную точку отсчета протяженности автомобильной дороги, как правило, принимаются:

1) знак нулевого километра автомобильных дорог, установленный в столице Российской Федерации - городе Москве, - для автомобильных дорог, которые начинаются в столице Российской Федерации - городе Москве;

2) обособленные подразделения организаций почтовой связи, здание органа государственной власти или органа местного самоуправления либо иные расположенные в центре населенного пункта здание или сооружение - для автомобильной дороги, соединяющей населенные пункты;

3) пересечение автомобильных дорог - для автомобильной дороги, соединяющей между собой другие автомобильные дороги или примыкающей к ним;

4) границы географических, исторических и других объектов - для автомобильных дорог общего пользования, соединяющих указанные объекты.

1.6. Единый государственный реестр автомобильных дорог

Единый государственный реестр автомобильных дорог (далее также - реестр) представляет собой федеральный информационный ресурс и содержит сведения об автомобильных дорогах независимо от их форм собственности и значения [19].

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 [19].

Ведение реестра осуществляется на бумажных и (или) электронных носителях. При несоответствии между сведениями на бумажных носителях и электронных носителях приоритет имеют сведения на бумажных носителях.

В реестр вносятся следующие сведения об автомобильной дороге:

- 1) сведения о собственнике, владельце автомобильной дороги;
- 2) наименование автомобильной дороги;
- 3) идентификационный номер автомобильной дороги;
- 4) протяженность автомобильной дороги и используемых на платной основе ее участков;
- 5) сведения о соответствии автомобильной дороги и ее участков техническим характеристикам класса и категории автомобильной дороги;
- 6) вид разрешенного использования автомобильной дороги;
- 7) иные сведения.

В случае ввода в эксплуатацию автомобильной дороги или изменения сведений об автомобильной дороге, указанных в части 4 настоящей статьи, владелец автомобильной дороги, физическое или юридическое лицо, являющееся собственником автомобильной дороги, в тридцатидневный срок со дня ввода автомобильной дороги в эксплуатацию или со дня изменения таких сведений обязаны представить в федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства, новые сведения об автомобильной дороге для их внесения в реестр [19].

Сведения, содержащиеся в реестре, за исключением сведений, составляющих государственную тайну, предоставляются в виде выписок из реестра по форме, установленной федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере дорожного хозяйства, любым заинтересованным лицам за плату, предельный размер которой устанавливается Правительством Российской Федерации [19].

Федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства, бесплатно представляет сведения об автомобильных дорогах, содержащиеся в реестре:

- 1) в государственные органы Российской Федерации;
- 2) полномочным представителям Президента Российской Федерации в федеральных округах, в органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления.

Правила формирования и ведения реестра и порядок предоставления сведений, содержащихся в реестре, утверждаются уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти [19].

1.7. Основные элементы автомобильных дорог

Для того, чтобы визуализировать автомобильную дорогу в трехмерном пространстве, необходимо разработать её план, продольный и поперечные профили.

План автомобильной дороги – это проекция дороги на горизонтальную плоскость, выполненная в уменьшенном масштабе [18, 20, 24,30, 34].

Продольный профиль автомобильной дороги – разрез по оси дороги, развернутый в плоскости чертежа [18, 20, 24,30, 34].

Поперечный профиль автомобильной дороги – это сечение автомобильной дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной ее оси [18, 20, 24, 30, 34].

Одним из основных элементов поперечного профиля дороги является земляное полотно.

Земляное полотно - конструктивный элемент, служащий для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги [3, 20, 28, 30, 31, 34].

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 [3, 20, 28, 30, 31, 34].

Выемка – это земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю, причем вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли [3, 20, 28, 30, 31, 34].

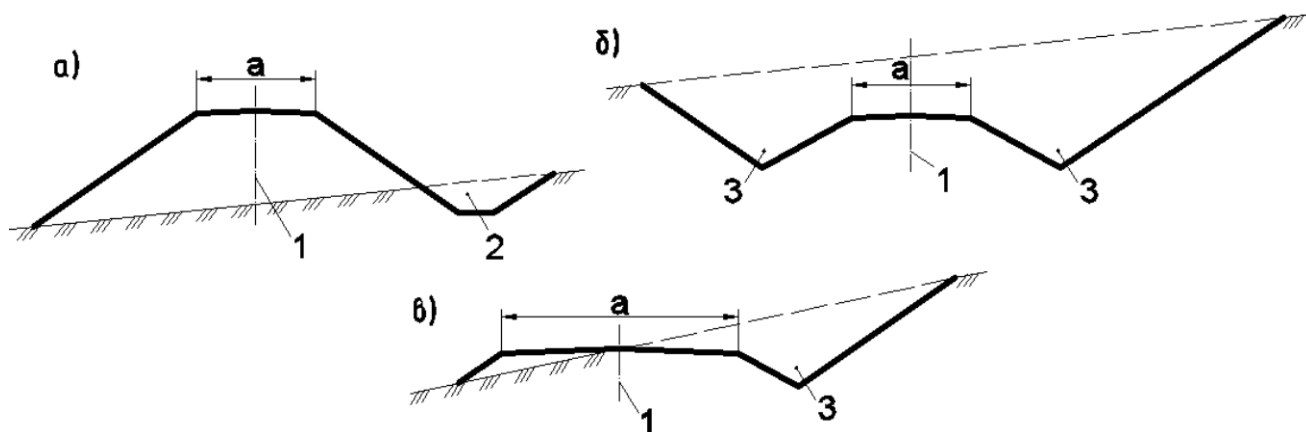


Рис. 1.2. Конструкции земляного полотна [20,34]:

а) насыпь, б) выемка, в) полунасыпь - полувыемка:

а – ширина земляного полотна; 1 – ось дороги; 2 – водоотводная канава; 3 – кювет

К основным элементам автомобильной дороги относятся: проезжая часть, состоящая из полос движения; обочины; откосы земляного полотна; водоотводные каналы (для насыпи) и кюветы (для выемки) (рис. 1.2).

Полоса движения - продольная полоса проезжей части автомобильной дороги, по которой происходит движение транспортных средств в один ряд [3, 20, 28, 30, 31, 34].

Канава боковая придорожная - канава, проходящая вдоль земляного полотна для сбора и отвода поверхностных вод, с поперечным сечением лоткового, треугольного или трапециевидального профиля [3, 20, 28, 30, 31, 34].

На земляном полотне на ширину проезжей части располагается многослойная конструкция - **дорожная одежда** - конструктивный элемент автомобильной дороги, воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно. (1) (рис. 1.4). Верхняя часть дорожной одежды - **покрытие** состоит из одного или нескольких слоев и непосредственно воспринимает усилия от колес транспортных средств и подвергается прямому воздействию атмосферных факторов. По обеим сторонам проезжей части от линии кромки до линии бровки размещаются **обочины**(2) (рис. 1.4), служащие для временной остановки автомобилей, отличающихся прочностными свойствами и типом укрепления.

Полоса обочины, укрепленная по типу проезжей, называется **краевой полосой** и располагается вдоль проезжей части (рис. 1.3). Краевая укрепленная полоса обочины в зависимости от технической категории дороги варьируется от 0,75 до 0,5 м. Полоса обочины, расположенная вдоль бровки, укрепляется засеваем трав на ширину 0,5 м.

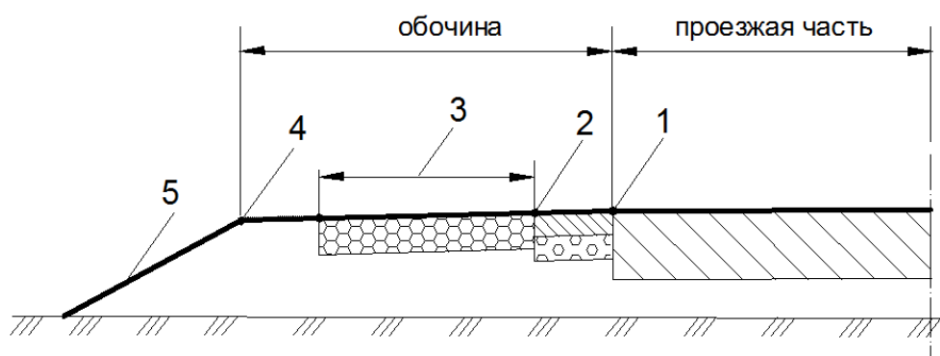


Рис. 1.3. Конструктивные элементы обочины:

1 – кромка проезжей части; 2 – кромка обочины, укрепленной по типу проезжей части; 3 – часть обочины, укрепленная каменным материалом; 4 – часть обочины, укрепленная засевам трав; 5 – бровка земляного полотна [20, 34]

Линия, отделяющая проезжую часть от обочины, называемая **кромкой проезжей части** (4) (рис. 1.4).

Шириной проезжей части автомобильной дороги определяется как расстояние между кромками.

Линию, отделяющую обочину от откоса земляного полотна в насыпи или от внутреннего откоса кювета в выемке, называют **бровкой земляного полотна** (5) (рис. 1.4). Расстояние между бровками составляет **ширину земляного полотна**.

Основание выемки (3)- массив грунта в условиях естественного залегания ниже границы рабочего слоя (рис. 1.4 б) [3, 20, 28, 30, 31, 34].

Основание насыпи - массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя (рис. 1.4 а) [3, 20, 28, 30, 31, 34].

На автомобильных дорогах первой категории могут устраиваться **разделительные полосы на проезжей части** (6) (рис. 1.4 б). **Канава нагорная** (7) - канава, расположенная с нагорной стороны от дороги для перехвата стекающей по склону воды и с отводом ее от дороги. (рис. 1.4 б) Обычно устраивается в выемках, расположенных на косогорах, с нагорной стороны, а грунт, извлеченный из неё, складывают между откосом выемки и канавой в форме сточной призмы, называемой **банкетом** (8) [3, 20, 28, 30, 31, 34].

Откосом (насыпи(9), выемки(10)) называют боковую наклонную поверхность, ограничивающую искусственное земляное сооружение. В конструкциях земляного полотна (рис.1.4.) помимо откосов насыпи и выемки существуют внутренние и внешние откосы канав и кюветов (11) [3, 20, 28, 30, 31, 34].

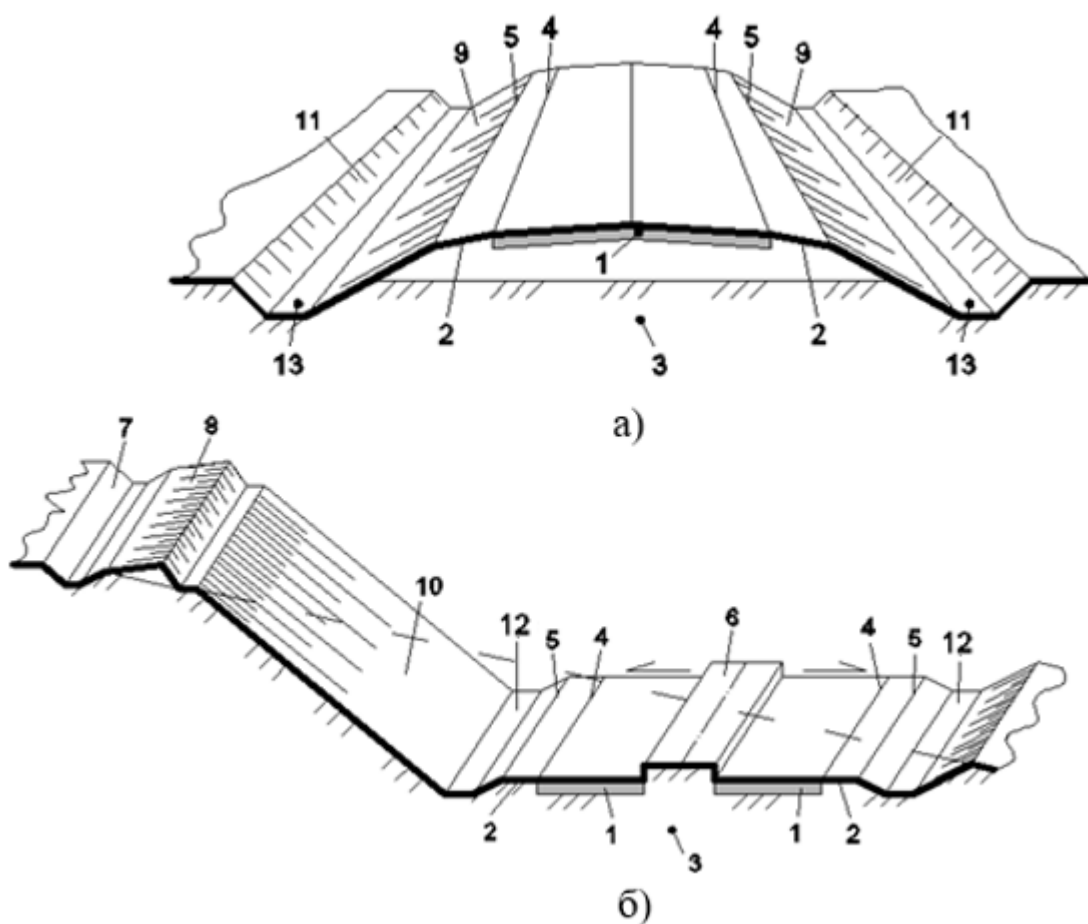


Рис. 1.4. Основные элементы автомобильной дороги [20, 34]:

а) в насыпи; б) в выемке на косогоре:

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 –откос кювета насыпи; 12 – дно кювета выемки; 13 – дно кювета насыпи

Основной задачей откосов является обеспечение устойчивости земляного полотна и водоотводных сооружений за счет оптимальной **крутизны откоса** - угла наклона плоскости откоса к горизонту, уплотнения грунта и способа его укрепления. **Высота откоса** – это расстояние по вертикали от верхней бровки откоса до его нижней бровки (рис. 1.5).

Коэффициент заложения откоса (m) – показывает во сколько раз проекция откоса отличается в большую или меньшую сторону от его высоты. Чаще всего применяется заложение 1:1,5; 1:3; 1:4. Основным фактором, влияющим на выбор коэффициента заложения откоса, является состояние грунтов и условия проектирования.

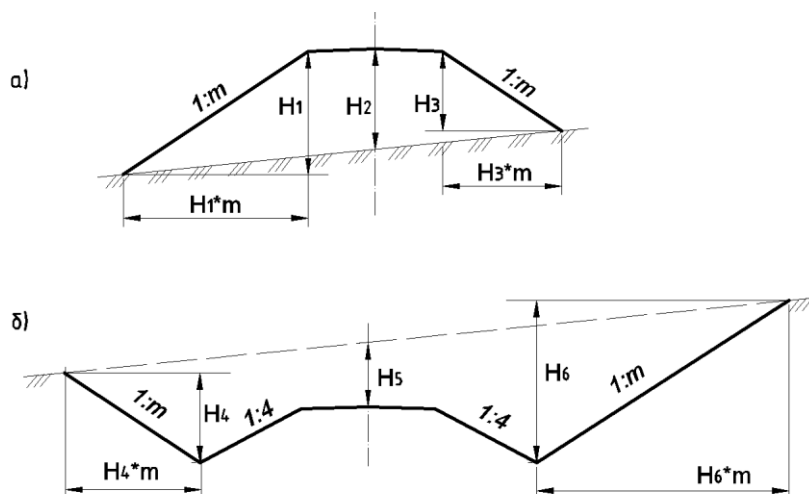


Рис. 1.5. Схемы для характеристики откосов [20, 34]: а) насыпи, б) выемки; $1:m$ – крутизна откоса; m – коэффициент заложения откоса. H_1, H_3 – высота, соответственно, левого и правого откосов насыпи; H_2 – рабочая отметка насыпи; H_5 – рабочая отметка выемки; H_4, H_6 – высота, соответственно, левого и правого откосов выемки; $H_i \times m$ – горизонтальная проекция откоса

При проектировании автомобильных дорог в условиях сложных природно-климатических факторов с целью уменьшения длины откоса насыпи или сброса воды с тела земляного полотна предусматривают устройство **треугольных берм** (1) (рис. 1.6 а). В местах слабых оснований для обеспечения устойчивости насыпи проектируют **трапециевидные бермы** (2) шириной не менее 2 м (рис. 1.6 б). Для обеспечения бесперебойного движения в зимний период времени в местах расположения снегозаносимых выемок для складирования удаленного во время очистки с проезжей части снега предусматривается устройство **полок** (3) (рис. 1.6 в). Длина участка устройства таких берм и полок зависит от протяженности сложного участка. Для размещения дорожных знаков на автомобильных дорогах устраивают **локальные бермы** по высоте равные насыпям, ширина которых обуславливается типоразмерами дорожных знаков [3, 20, 28, 30, 31, 34].

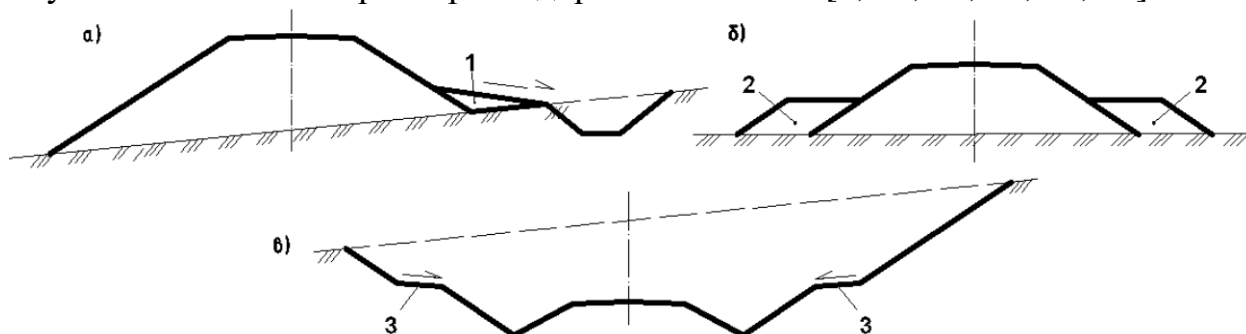


Рис. 1.6. Конструкции земляного полотна автомобильных дорог [20, 34]: а) с треугольной бермой (1), б) с трапециевидными бермами (2), в) с полками (3)

1.8. Интенсивность движения и техническая категория автомобильной дороги

Выбор категории автомобильной дороги зависит от ее функционального значения с учетом величины перспективной приведенной интенсивности движения.

Интенсивность движения (N) - количество транспортных средств, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени. Единицами измерения интенсивности являются авт./час или в авт./сут. [7, 30].

Существуют следующие виды интенсивности движения:

- В зависимости от времени приведения:
 - исходная (начальная) интенсивность (N_0);
 - перспективная (N_t);
- в зависимости от расчетного автомобиля:
 - в физических единицах ($N_{физ.}$);
 - в приведенных единицах ($N_{привед}$) (рис. 1.6).

Расчетную интенсивность движения следует принимать суммарно в обоих направлениях на основе данных экономических изысканий. При этом за расчетную надлежит принимать среднегодовую суточную приведенную к легковому автомобилю интенсивность движения за последний год перспективного периода [7, 30].

В случаях, когда среднемесячная суточная интенсивность наиболее напряженного в году месяца более чем в 2 раза превышает установленную на основе экономических изысканий или расчетов среднегодовую суточную, последнюю для назначения категории дороги следует увеличивать в 1,5 раза.

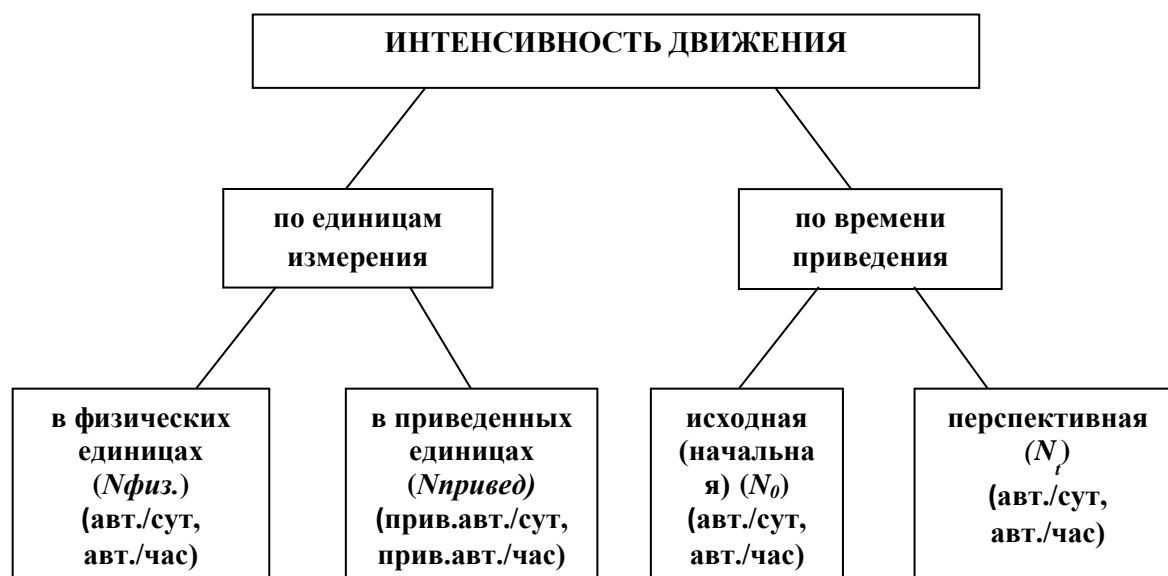


Рис. 1.7. Схема видов интенсивности движения на автомобильных дорогах

Перспективный период при назначении категорий дорог, выборе элементов плана, продольного и поперечного профилей принимают равным 20 годам. Подъездные автомобильные дороги к промышленным предприятиям предусматривают на расчетный срок, соответствующий году достижения предприятием или его очередью полной проектной мощности, с учетом объема перевозок в период строительства предприятия [7,30].

Перспективный период для выбора дорожных одежд принимают с учетом межремонтных сроков их службы [7, 30].

За начальный год расчетного перспективного периода принимают год сдачи объекта в эксплуатацию (или самостоятельного участка дороги).

Перспективный период при назначении категорий дорог, выборе элементов плана, продольного и поперечного профилей принимают равным 20 годам. [7, 30].

Перспективная интенсивность движения рассчитывается по формуле:

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

где K – коэффициент ежегодного прироста интенсивности; t – срок приведения интенсивности, лет.

В зависимости от грузоподъемности за счет нормативных коэффициентов приведения осуществляют приведение интенсивности движения к расчетному легковому автомобилю (табл. 1.2) [7, 30].

Таблица 1.2

Коэффициенты приведения автомобилей к легковому автомобилю [30]

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения K_i (к легковому автомобилю)
Легковые автомобили, мотоциклы, микроавтобусы	1,0
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
до 2 включительно	1,3
от 2 до 6	1,4
от 6 до 8	1,6
от 8 до 14	1,8
более 14	2,0
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12 включительно	1,8
от 12 до 20	2,2
от 20 до 30	2,7
более 30	3,2
Автобусы малой вместимости	1,4
- средней	2,5
- большой	3,0
- сочлененные	4,6

Автомобиль легкой, приведенный - 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.) [30].

При определении расчетной интенсивности по прогнозным данным, коэффициенты приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю следует принимать по табл. 1.2. 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 [30].

Таблица 1.3

Приведенная перспективная интенсивность движения [30]

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	до 200

Согласно СП 34.13330.2012 [30] техническую категорию автомобильной дороги назначают по результату расчета перспективной приведенной интенсивности движения (табл. 1.3).

Категория автомобильной дороги - характеристика, определяющая технические параметры автомобильной дороги [30].

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое автомобильная дорога?
2. На какие классы подразделяют автомобильные дороги общего пользования?
3. Что относится к основным элементам поперечного профиля автомобильной дороги?
4. Что понимают под заложением откоса?
5. Что такое интенсивность движения?

6. Что называется технической категорией автомобильной дороги и на какие категории делятся автомобильные дороги общего пользования?

2. ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Дорожно-климатическое районирование территории Российской Федерации осуществляется на основе климатологических, гидрологических и геоморфологических особенностей местности. Основным показателем является отношение количества выпадающих осадков к объему испарения с поверхности грунта [15, 29, 30].

Территория РФ представлена 5-ю дорожно-климатическими зонами (ДКЗ) (рис. 2.1.) [15, 29, 30]:

I - зона распространения многолетнемерзлых грунтов;

II - зона избыточного увлажнения;

III - зона значительного увлажнения в отдельные годы;

IV - зона недостаточного увлажнения;

V - засушливая зона.

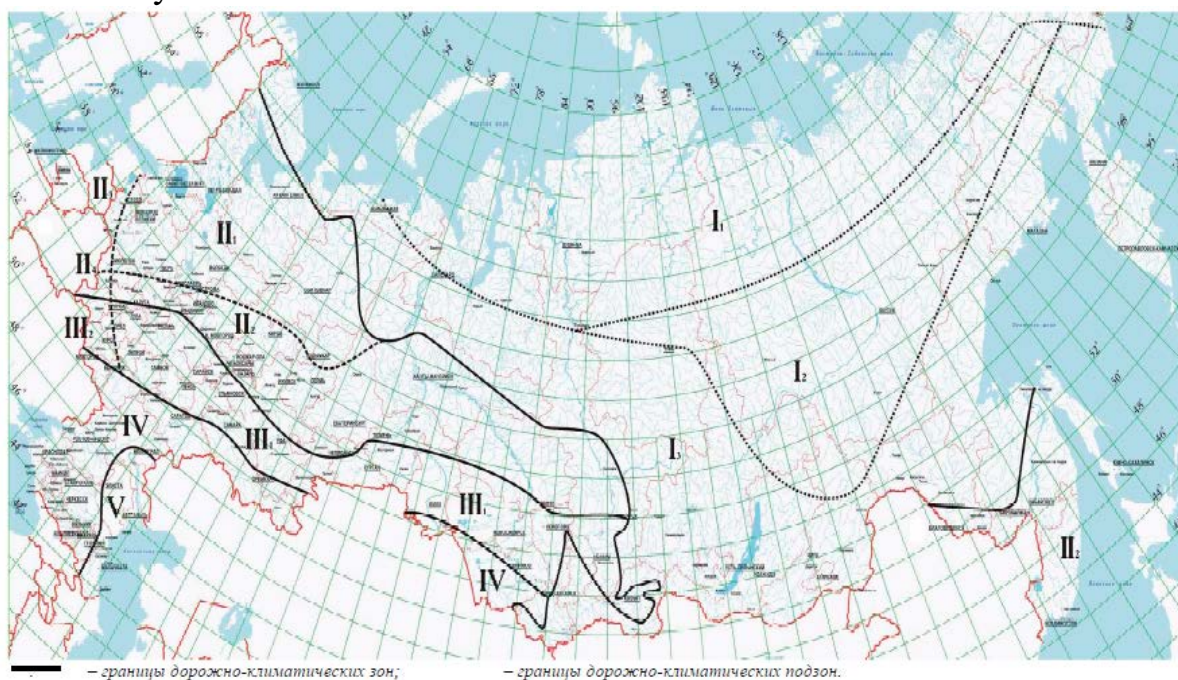


Рис. 2.1. Карта дорожно-климатического районирования [29, 30]

Различают 3 типа местности по характеру и степени увлажнения в зависимости от вида грунта, обеспечения поверхностного стока и соотношения глубины промерзания и глубины залегания грунтовых вод:

1 тип – сухие места, поверхностный сток обеспечен (при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 2 ‰), грунтовые воды находятся на глубине больше глубины промерзания не менее чем на 2,0 м при 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;

2 тип - сырые места, поверхностный сток затруднен, возможен застой поверхностных вод до 30 суток; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи (находятся на глубине больше глубины промерзания);

3 тип - мокрые места, поверхностный сток не обеспечен (грунтовые или длительно, более 30 сут., стоящие поверхностные воды, грунтовые воды находятся на глубине, менее глубины промерзания) [15, 29, 30].

Вопросы для самоконтроля

1. Каким показателем характеризуется деление территории РФ на ДКЗ?
2. Сколько ДКЗ существует на территории РФ?
3. Какие типы местности по характеру и степени увлажнения бывают?

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1. Принципы назначения и величина норм

Основные технические характеристики автомобильных дорог, на основании которых назначаются количество полос движения и их ширина, ширина обочин и разделительных полос (при наличии), расчетная скорость движения и т.д., регламентируются следующими нормативными документами: ГОСТ Р 52399-2005 и СП 34.13330.2012 [12, 13, 30] (табл. 3.1).

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 [30] (табл. 3.2).

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

Таблица 3.1

Перечень технических характеристик автомобильных дорог [13, 30]

Параметры элементов автодороги	Класс автомобильной дороги						
	автомагистраль	скоростная дорога	Автомобильная дорога обычного типа				
	Категории						
	IA	IB	IV	II	III	IV	V
Общее число полос движения, штук	4 и более	4 и более	4 и более ¹⁾	4 или 2(3) ³⁾	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5 – 3,75	3,5 – 3,75	3,25 – 3,5	3,0 – 3,25	3,5 – 4,5
Ширина обочины (не менее), м	3,75	3,75	3,25 – 3,75	2,5 – 3,0	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,75
Ширина разделительной полосы, м	6	5	5	- ²⁾	-	-	-
Пересечение с автодорогами	в разных уровнях	в разных уровнях	Допускается в одном уровне с автодорогами со светофорами не чаще чем через 5 км ⁴⁾	в одном уровне	в одном уровне	в одном уровне	в одном уровне
Пересечение с железными дорогами	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях при пересечении трех и более железнодорожных путей	в разных уровнях при пересечении трех и более железнодорожных путей
Доступ к дороге с примыкающей дороги в одном уровне	допускается не чаще чем через 10 км	допускается не чаще чем через 5 км	допускается не чаще чем через 5 км	допускается ⁵⁾	допускается	допускается	допускается
Максимальный уровень загрузки дороги движением	0,6	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Проектная скорость, км/ч	150	120	120	120	100	80	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 автомобильной дороги категории IV с дорогами аналогичной 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.

участки горных ущелий со сложными, сильноизрезанными или неустойчивыми склонами [30].

Для автомобильных дорог существуют 3 разновидности норм:

- 1) полученные расчетным путем;
- 2) регламентируемые нормативными документами [13, 30];
- 3) предельно допустимые.

Технические нормативные показатели подвергаются расчету в том случае, если:

- задается или известен транспортный поток;
- предусматривается проезд негабаритных или нестандартных с увеличенной осевой нагрузкой транспортных средств.

Таблица 3.2

Расчетная скорость движения автомобиля по дороге [30]

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

Таблица 3.3

Рекомендуемые технические нормы проектирования автомобильных дорог [30]

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 3.4

Предельно допустимые технические нормы проектирования дорог [30]

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м				
		в плане		в продольном профиле		
		Основные	В горной местности	выпуклых	вогнутых	
					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

В зависимости от расчетной скорости движения регламентируются наибольшие продольные уклоны и наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профиле (табл. 3.4 и 3.5).

Таблица 3.5

Наименьшие расстояния видимости [30]

Расчетная скорость, км/ч	Наименьшее расстояние видимости, м		
	встречного автомобиля	для остановки	при обгоне
150	-	300	-
120	450	250	800
100	350	200	700
80	250	150	600
60	170	85	500
50	130	75	400
40	110	55	-
30	90	45	-
20	50	25	-

Если расчет технических норм не выполнялся, то нормы назначают максимально возможными, ориентируясь на рекомендуемые нормы, (табл. 3.3), а на трудных участках их допускается уменьшать, но не ниже предельно допустимых величин.

Таблица 3.6

Параметры элементов поперечного профиля дорог по ГОСТ Р 52399-05 [13]

Параметры элементов автомобильной дороги	Автомагистраль	Скоростная дорога	Автомобильные дороги обычного типа					
			І В	ІІ		ІІІ	ІV	V
Техническая категория	І А	І Б	І В	ІІ		ІІІ	ІV	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 разделительной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	5,0	5,0	5,0	-			
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения							
Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы ¹⁾ , м	1,0							

Примечания: ¹⁾ Ширина полосы безопасности входит в ширину разделительной 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 ІБ, ІВ и ІІ и до 1,0 м - для дорог остальных категорий.

3.2. 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.

3.2.1. Определение максимального продольного уклона

Если при проектировании дороги известен состав транспортного потока, то по категории дороги и условиям рельефа, руководствуясь табл. 3.2, назначают расчетную скорость и определяют наибольший продольный уклон для каждого вида транспортного средства в транспортном потоке:

$$i_{max} = D_v - f_v; \quad (3.1)$$

$$f_v = f_0 \times [1 + 0,01 \times (V - 50)], \quad (3.2)$$

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 [23, 24, 30].

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.

3.2.2. Определение расчетного расстояния видимости

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

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

Видимость при обгоне - минимальное расстояние видимости до встречного автомобиля, движущегося с расчетной скоростью, необходимое для безопасного совершения маневра обгона [30].

Видимость встречного автомобиля - минимальное расстояние видимости до встречного автомобиля, движущегося с расчетной скоростью,

обеспечивающее безопасное прерывание обгона с полосы встречного движения [30].

Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля, равной 1,0 м от поверхности проезжей части. Расстояние видимости наряду с расчетной скоростью является основным параметром для определения геометрических элементов в плане и продольном профиле с учетом поперечного профиля [30].

Расчетное расстояние видимости поверхности дороги S_n (рис. 3.1 а) определяется из условия движения автомобиля по горизонтальному участку дороги с постоянной скоростью и остановки перед препятствием на безопасном расстоянии l_3 по формуле 3.3 [20, 34].

Схема для расчета расстояния видимости встречного автомобиля S_a (рис. 3.1 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 3.4 [20, 34]

$$S_n = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{V}{3,6} + \frac{K_3 V^2}{254(\varphi_{np} \pm i)} + l_3 \quad (3.3)$$

$$S_a = 2l_1 + 2l_2 + l_3 = \frac{V}{1,8} + \frac{K_3 V^2}{254(\varphi_{np} \pm i)} + l_3, \quad (3.4)$$

где V – расчетная скорость движения, принимающаяся для проектируемой дороги в зависимости от категории пересекающейся или примыкающей дороги, км/ч;

K_3 - коэффициент, учитывающий эффективность работы тормозной системы (для легковых автомобилей принимается $K=1,2$; для грузовых, автопоездов и автобусов - $K=1,3-1,4$);

φ_{np} - 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;

l_3 - зазор безопасности, принимаемый равным 5-10 м.

t_p – время реакции водителя совместно со срабатыванием тормозной системы, $t_p = 1,8$ с;

f_v – коэффициент сопротивления качению (формула 3.2);

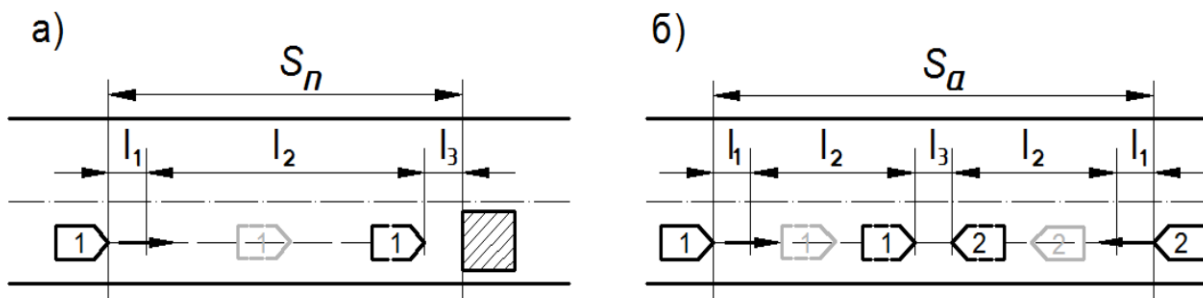


Рис. 3.1. Схемы для определения видимости [20, 34]:

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

3.2.3. Определение радиусов вертикальных кривых

Вертикальные кривые описываются по параболической траектории вида [20, 23, 24, 25, 34]:

$$y = \frac{\pm x^2}{2R_g}, \quad (3.5)$$

где R_g – радиус кривизны в вершине вертикальной кривой в начале координат.

Минимальные радиусы вертикальных кривых определяют [20, 23, 24, 25, 34]:

- для выпуклых – из условия видимости поверхности дороги:

$$R_{\text{min вып}} = \frac{S_n^2}{(2h)}, \quad (3.6)$$

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

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

$$R_{\text{min вогн}} = \frac{v^2}{13a}, \quad (3.7)$$

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

a – допустимое центробежное ускорение, $a = 0,5 - 0,7 \text{ м/с}^2$.

Рекомендуемые радиусы вертикальных кривых определяют:

- для выпуклых - из условия видимости встречного автомобиля:

$$R_{\text{рек вып}} = \frac{S_a^2}{(2h)}; \quad (3.8)$$

- для вогнутых – из условия обеспечения видимости проезжей части в ночное время при свете фар:

$$R_{рек\ вогн} = \frac{S_n^2}{2(h_\phi + S_n \cdot \sin(\alpha / 2))}, \quad (3.9)$$

где h_ϕ - высота фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части, ($h_\phi = 0,75$ м); α - угол рассеивания пучка света фар ($\alpha = 2^\circ$).

3.2.4. Определение радиусов кривых в плане

Радиус кривой в плане, при котором возможно движение автомобиля с расчетной скоростью как при условии устройства виража, переходных кривых и уширения проезжей части, так и для двускатного поперечного профиля определяется по формуле [20, 23, 24, 25, 34]:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_g)}, \quad (3.10)$$

где V - расчетная скорость движения для данной категории дороги, км/ч;
 i_g - поперечный уклон проезжей части в долях единицы, принимается для однокатного поперечного профиля (виража) со знаком «плюс», для двускатного поперечного профиля – со знаком «минус»;

μ - коэффициент поперечной силы,

Коэффициент поперечной силы определяется по формуле:

$$\mu = 0,2 - 0,75 \times V \times 10^{-4}. \quad (3.11)$$

Полученное значение радиусов для двускатного и однокатного поперечных профилей округляют в большую сторону.

3.2.5. Определение пропускной способности одной полосы движения

Пропускная способность одной полосы движения при условии отсутствия обгонов определяется по формуле [20, 23, 24, 25, 34]:

$$A = \frac{1000 \times K \times V}{S}, \quad (3.12)$$

где A – пропускная способность одной полосы движения, авт/ч;

S - наименьшее расстояние между движущимися автомобилями, м;

K - коэффициент снижения скорости движения автомобиля в потоке, принимаемый равным 0,3 - 0,5.

$$S = \frac{V}{3,6} + \frac{K_s \times V^2}{254 \times (\varphi_{np} \pm i)} + l_3 + l_{авт}, \quad (3.13)$$

где V – расчетная скорость движения по проектируемой автомобильной дороге принимаемая в зависимости от категории дороги, км/ч;

K_3 - коэффициент, учитывающий эффективность тормозов (для легкового автомобиля принимается $K=1,2$; для грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов - $K=1,3-1,4$);

$\varphi_{пр}$ - 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;

l_3 - зазор безопасности, принимаемый равным $5-10$ м.

$l_{авт}$ - длина автомобиля, м.

Продольный уклон i на спуске считается отрицательным (со знаком «-»), на подъеме - положительным (со знаком «+»), на прямолинейном участке – равным нулю.

Для грузового и легкового вида транспорта пропускная способность одной полосы движения рассчитывается отдельно.

3.2.6. Определение числа полос движения

Количество полос движения (n) определяется по формуле [20, 23, 24, 25, 34]:

$$n = \frac{N}{(t \times A)}, \quad (3.14)$$

где N - суточная интенсивность движения, авт/сут; t - коэффициент для приведения суточной интенсивности движения к часовой (принимается равным 10).

3.2.7. Определение ширины одной полосы движения и ширины проезжей части дороги

Для двухполосной дороги с двухсторонним движением ширина одной полосы определяется по формуле [20, 23, 24, 25, 34]:

$$П = 0,5 \times (a + K) + x + y, \quad (3.15)$$

где a - ширина кузова автомобиля, м;

K - ширина колеи автомобиля, м;

x - расстояние от кузова автомобиля до оси проезжей части, м;

y - ширина предохранительной полосы - расстояние до кромки покрытия,

м.

Для двухполосной дороги:

$$x = y = 0,5 + 0,05 \times V. \quad (3.16)$$

Окончательно формула для расчета имеет вид:

$$П = 0,5 \times (a + K) + 1 + 0,01 \times V. \quad (3.17)$$

Для многополосной проезжей части расчет производится для одного направления при попутном движении с обгоном. В данном случае ширина полосы движения вычисляется по формуле:

$$P = 0,5 \times (a + K) + 0,85 + 0,01. \quad (3.18)$$

Расчет отдельно выполняется для грузовых и легковых автомобилей [20, 23, 24, 25, 34]. Ширина проезжей части одного направления определяется по формуле:

$$P = P_{гр} + P_{лег}. \quad (3.19)$$

3.2.8. Определение ширины земляного полотна

Для двухполосной проезжей части ширина земляного полотна [20, 23, 24, 25, 34]:

$$B = 2 \times P + 2 \times d, \quad (3.20)$$

где d - ширина обочины, м (принимается по [4, 8]).

Для многополосной проезжей части:

$$B = n \times P + 2 \times d + c, \quad (3.21)$$

где n – число полос движения;

c - ширина разделительной полосы.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое расчетная скорость движения?
2. Что такое рекомендуемые нормы проектирования автомобильной дороги?
3. Какие технические нормы проектирования автомобильных дорог зависят от расчетной скорости движения?
4. Какие расчетные схемы используют при определении видимости на автомобильной дороге?
5. Какие условия учитывают при расчете минимальных радиусов вертикальных кривых?

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ

Кратчайшим расстоянием - прямой, соединяющей начальный и конечный пункт проектируемого участка трассы, называют **воздушной линией** [20, 23, 24, 25, 30, 34]. Строительство автомобильных дорог по воздушной линии затрудняется наличием различного рода препятствий (рельефных, водных, контурных и т.д).

Проложение трассы в соответствии с природно-климатическими факторами, топографо-геодезическими, геолого-гидрологическими, экологическими условиями района проектирования с учетом эксплуатационных, строительско-технологических, экономических и эстетических требований называется **.трассированием** [20, 23, 24, 25, 30, 34].

Трасса представляет собой пространственное изображение геометрической оси автомобильной дороги, выполненное на местности [20, 23, 24, 25, 30, 34].

Планом трассы называют выполненное в уменьшенном масштабе графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость [20, 23, 24, 25, 30, 34].

Существует два способа трассирования [20, 23, 24, 25, 30, 34]:

1) **традиционный** - представляет собой ломаную линию теодолитного хода со вписанными в углы поворота закруглениями.

2) **метод гибкой линейки** (клотоидами или сплайнами) – трасса прокладывается в виде кривых с непрерывно изменяющейся кривизной с минимальным количеством прямых вставок.

4.1. Требования к трассе автомобильной дороги

Проектирование автомобильных дорог должно осуществляться на основе планов территориального планирования объектов транспорта с учетом перспектив развития экономических районов и наиболее эффективного слияния строящейся дороги с существующей и проектируемой транспортной сетью [30].

Автомобильные дороги должны обеспечивать безопасное и удобное движение транспортных средств, безопасное движение пешеходов с учетом маломобильных групп населения (МГН), соблюдение принципа зрительного ориентирования водителей и иметь защитные дорожные сооружения и обустройства, в том числе обеспечивающие доступные и безопасные условия передвижения для МГН, а также производственные объекты для ремонта и содержания дорог [18, 23, 24, 25, 30, 33, 34]. Надежность конструкций и сооружений автомобильных дорог должна соответствовать требованиям ГОСТ 27751.

На основании проанализированных 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.

Основные требования при проектировании плана трассы [23, 24, 25, 30, 33, 34]:

- пересечение трассой железных дорог следует проектировать на прямых участках, угол пересечения которых должен быть больше 30° и стремящимся к 90° ;
- пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне, а также пересечения водотоков следует проектировать под углом, близким к 90° ;

- 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;

- для строительства дорог необходимо использовать не имеющие ценности с сельскохозяйственной точки зрения земли;

- в зависимости от категории лесов дорогу следует прокладывать с использованием существующих просек и противопожарных разрывов;

- для бесперебойной работы автомобильной дороги в зимний период, направление трассы, по возможности, должно совпадать с направлением господствующих ветров, отклоняясь от господствующего направления ветров не более 30° , в целях обеспечения естественного проветривания и снегонезаносимости.

- при проектировании дорог в условиях сильно пересеченной местности следует стремиться к расположению трассы на наветренных склонах косогоров.

- автомобильные дороги I и II технической категории не следует проектировать в обход болот;

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

- дороги следует прокладывать за пределами природоохранных зон водоемов;

- в курортных районах, зонах отдыха и т.п. трассу необходимо прокладывать за границами санитарных зон.

Величины охранных зон определяются документами санитарных норм.

При проектировании дороги в плане следует руководствоваться принципами ландшафтного проектирования, пространственного и оптического трассирования. Дорога должна вписываться в ландшафт.

Общие принципы ландшафтного проектирования состоят в следующем [23, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 35]:

- с целью обеспечения удобства и безопасности движения углы поворотов смягчают вписыванием круговых и переходных кривых;

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

- длину прямых в плане ограничивают по требованиям СП 34.133330.2012 [30] (табл. 4.1);
- 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 [30] (табл. 4.2);
- 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 заменяют 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 4.1

Максимально допустимая длина прямых участков в плане [30]

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 4.2

Радиусы круговых кривых при малых углах поворотов [30]

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

4.2. Элементы плана трассы автомобильной дороги

В качестве элементов трассы, определяющих план и продольный профиль, следует принимать прямые и кривые постоянной и переменной кривизны. Направление прямых обычно характеризуют дирекционным углом или румбом [20, 23, 24, 25, 34, 35]. Схема для характеристики румбов (R) и дирекционных углов (A) для разных вариантов трассы представлена на рис.4.1.

Дирекционный угол — угол, измеряемый между северным направлением меридиана (магнитного или истинного) по ходу часовой стрелки от 0 до 360^0 и искомым направлением [23, 24, 25, 34].

Румб – угол, образованный между северным или южным направлением меридиана и направлением трассы, величиной менее 90^0 . Характеристикой румба является его величина и направлением [23, 24, 25, 34].

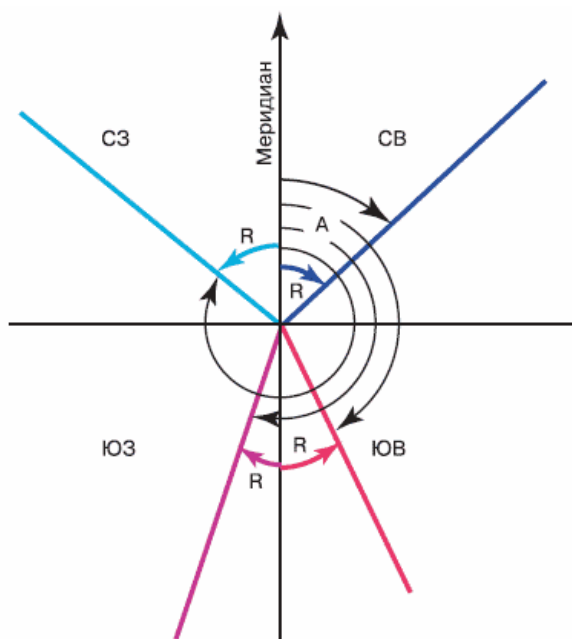


Рис. 4.1. Схема для определения румбов и дирекционных углов

Угол поворота представляет собой угол, образованный между продолжением исходного направления трассы и новым её направлением (рис. 4.2) [20, 23, 24, 25, 34, 35].

В углы перелома трассы вписывают круговые кривые, выбор параметров которых зависят от величины угла поворота и ситуации. Величина радиуса R , учитывая возможность дальнейшей реконструкции участка автомобильной дороги, а также условия безопасности и удобства движения назначается более 2000–3000 м. В остальных случаях минимально допустимые радиусы в плане регламентируются СП 34.13330.2012 [30].

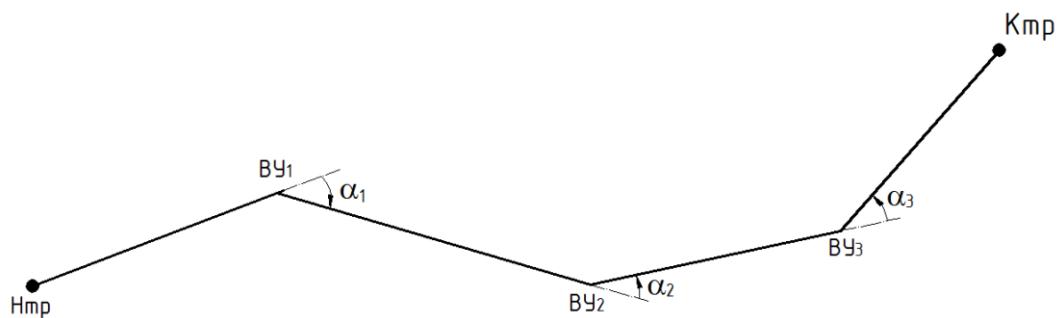


Рис. 4.2. Схема теодолитного хода с углами поворота [20, 34]: α_1 – правый, α_2 и α_3 – левые

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** или Спираль Корню (в западной литературе известна так же как спираль Эйлера) - кривая в плане, кривизна которой возрастает от начала пропорционально ее длине. (рис. 4.3). Она используется как переходная дуга в дорожном строительстве, когда участок дороги в плане имеет форму части клотоиды, руль автомобиля при поворотах поворачивается без рывков. Такой изгиб дороги позволяет проходить поворот без существенного снижения скорости [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24, 34].

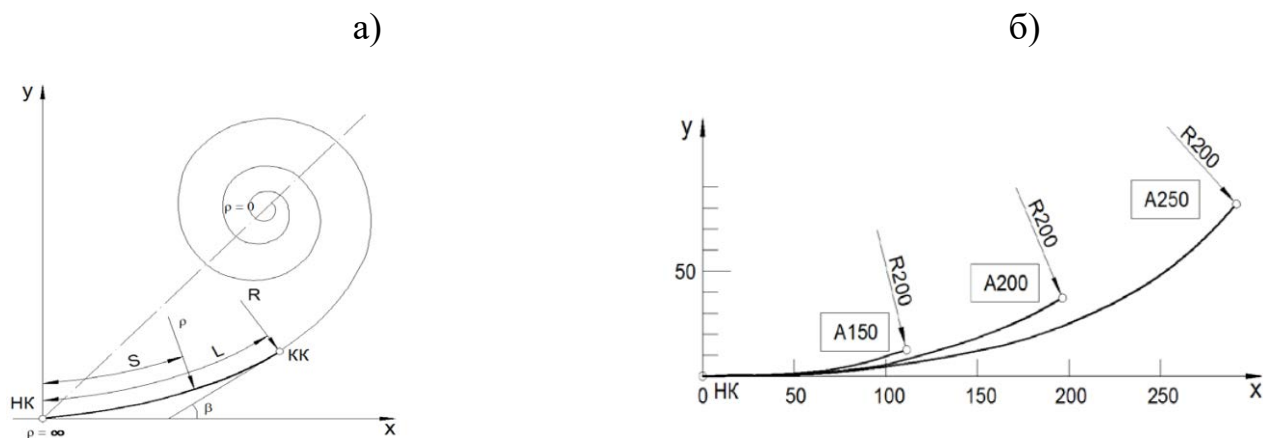


Рис. 4.3. Схема круговой кривой в виде клотоиды [20, 34]:
а) общий вид; б) характеристика кривизны

Для автомобильных дорог I технической категории при радиусах в плане более 3000 м и более 2000 м для всех остальных категорий закругления проектируются по форме круговой кривой (рис. 4.4 а).

При радиусах 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. 4.4 б); двух последовательных клотоид – биклотоида (может быть как симметричной, так и не симметричной) (рис. 4.4 в).

Кривые по форме биклотоиды и биклотоиды с круговой вставкой характеризуют условным наименьшим радиусом закругления, который и указывают при проектировании закругления [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24, 34].

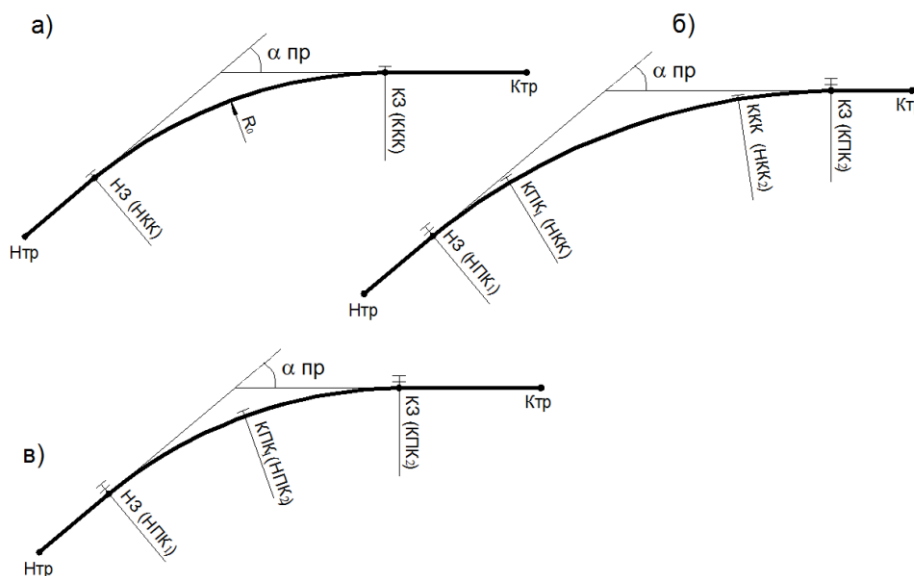


Рис. 4.4. Схемы закруглений в плане трассы [20, 34]:
а) круговая кривая; б) биклотоида с круговой вставкой; в) биклотоида.

При расчетах вручную (без применения специализированных программных комплексов проектирования) чаще всего принимают симметричное закругление с равными клотоидами и круговой вставкой. Основными элементами такого закругления являются: **тангенс (Т)**, **биссектриса (Б)**, **кривая (К)**, **домер (Д)** [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24, 34].

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

Биссектриса – расстояние от вершины угла поворота до середины кривой.

Кривая – длина закругления.

Домер – величина, на которую расстояние по ломаной (по тангенсам $2Т$) через вершину угла больше, чем длина кривой $К$ (рис. 4.5).

Элементы закругления по круговой кривой для угла поворота α и радиуса R вычисляют по формулам (4.1) или определяют по таблицам Н.А. Митина [17, табл. 1]

$$T = R \times \operatorname{tg}(\alpha / 2); B = R \times [\operatorname{sec}(\alpha / 2) - 1]; K = \frac{\pi \times R \times \alpha}{180}; D = 2 \times T - K. \quad (4.1.)$$

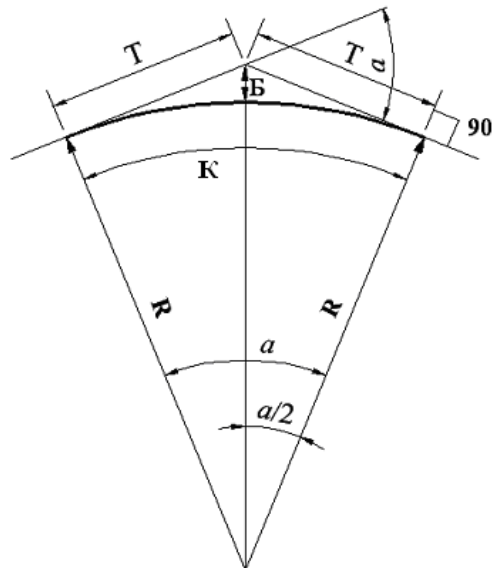


Рис. 4.5 . Схема нанесения элементов закругления на план трассы [16, 20, 34]

4.3. Последовательность трассирования на карте

Трассирование дороги по карте выполняется в следующей последовательности [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24, 34]:

- между начальным и конечным пунктом участка автомобильной дороги прокладывается «воздушная линия»;
- намечаются «контрольные точки» в плане;
- определяются элементы рельефа и ситуации;
- в виде ломаной линии прокладывается ось трассы;
- углы поворота последовательно нумеруются вдоль трассы (ВУ-1, ВУ-2 и т.д.);
- транспортиром измеряются все углы поворота, румбы и дирекционные углы;
- в точках перелома трассы дороги вписываются кривые допускаемого радиуса;
- по каждому из вариантов трассы производится разбивка на пикеты, километры;
- составляется ведомость прямых и кривых участков трассы дороги в плане (прил. 1, табл. П.1, рис. П.1.).

После нанесения на карту теодолитного хода трассы выполняют расчеты по увязке хода и углов поворотов, заполняя столбцы «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых» (прил. 1, табл. П.1, рис. П.1.). Углы поворотов α_n и α_{np} и величины румбов (или дирекционных углов) измеряют на карте транспортиром и заносят в ведомость.

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. В случае стесненных условий радиусы кривых постепенно

уменьшают, стараясь вписать максимальные возможные радиусы. При этом контролируют минимальные рекомендуемые длины прямых вставок между кривыми [1, 2, 3, 14, 20, 23, 24, 34].

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 [30].

Максимально возможное сближение вершин углов поворота назначают по формуле [20, 34]:

$$L_{\min} = T_1 + \frac{L_{ПК1} + L_{ПК2}}{2} + T_2 + m, \quad (4.2)$$

где $L_{ПК1}, L_{ПК2}$ соответственно, длина первой и второй переходных кривых в м;

T_1, T_2 - 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 отсутствовать, тогда:

$$L_{\min} = T_1 + \frac{L_{ПК1} + L_{ПК2}}{2} + T_2. \quad (4.3)$$

При радиусах кривых ≥ 3000 м для дорог I категории и ≥ 2000 м для дорог остальных категорий смежные круговые кривые можно устраивать без прямой вставки [20, 30, 34]:

$$L_{\min} = T_1 + T_2 \quad (4.4)$$

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 [20, 34].

Разбивку трассы производят от начальной точки до первой вершины угла поворота. Пикетажное положение начала кривой (НК) на трассе определяется путем откладывания от вершины угла поворота величины тангенса назад по ходу пикетажа, а положение точки конца кривой (КК) – вперед по ходу трассы (рис. 4.6.). Затем производится выноска пикетов на кривую и продолжается разбивка пикетажа до следующего угла поворота [20, 34].

Длина прямой вставки (Р) вычисляется по формулам [20, 34]:

$$\begin{aligned} P_1 &= ПК НК_1 - ПК НТ ; \\ P_2 &= ПК НК_2 - ПК КК_1, \\ P_3 &= ПК КТ - ПК КК_2, \end{aligned} \quad (4.5)$$

где $ПК НТ, ПК КТ$ – пикетажные положения начала и конца трассы;

$ПК НК, ПК КК, ПК НК_1, ПК НК_2, ПК КК_1, ПК КК_2$ – пикетажные положения начала и конца закруглений.

Расстояние между вершинами углов (S) определяют по формулам [20, 34]:

$$\begin{aligned} S_1 &= ПКВУ_1 - ПК НТ; \\ S_2 &= (ПКВУ_2 - ПК ВУ_1) + D_1; \\ S_3 &= (ПККТ - ПК ВУ_2) + D_2, \end{aligned} \quad (4.6)$$

где $ПК ВУ_1, ПК ВУ_2$ – пикетажные положения вершин углов, полученные при разбивке пикетажа по трассе; D_i – величина домера для соответствующего угла поворота, м.

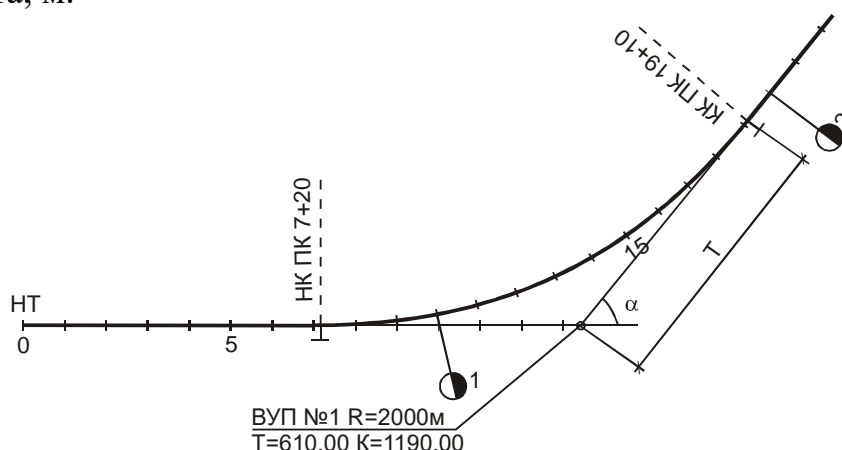


Рис. 4.6. Схема для определения пикетажного положения начала и конца кривой

Пикетажное положение начала (НК) и конца закругления (КК) определяются по схемам [20, 34]:

$$\frac{ВУП \text{ № } 1 \text{ ПК} +}{НК \text{ ПК} +} = \frac{НК \text{ ПК} +}{КК \text{ ПК} +} + \frac{K}{КК \text{ ПК} +}$$

После заполнения ведомости производят проверку выполненных расчетов по формулам [20, 34]:

1. Разность между удвоенной суммой тангенсов и суммой кривых должна равняться сумме домеров:

$$2\sum T - \sum K = \sum D. \quad (4.7)$$

2. Разность между суммой правых и суммой левых углов поворота должна равняться разности румбов конечной и начальной сторон трассы:

$$\sum_1^n \alpha_l - \sum_1^n \alpha_{np} = R_{нач} \pm R_{кон}, \quad (4.8)$$

где $\sum \alpha_{np}, \sum \alpha_l$ – сумма, соответственно правых и левых углов поворотов;

r_n, r_k - румб начальной и конечной линий трассы;

$1, 2, 3, \dots, n$ - количество углов поворотов.

Примечание: знак “-” применяют, когда румбы начальной и конечной линии трассы находятся в одной четверти; знак “+” – когда румбы начальной и конечной линии трассы располагаются в разных четвертях.

3. Сумма длин прямых и кривых должна равняться пикетажной длине трассы. Этой же длине должна равняться разность между суммой расстояний между вершинами углов поворота и суммой домеров:

$$\sum P + \sum K = \sum S - \sum D = L. \quad (4.9)$$

4.4. Проектирование переходной кривой в плане дороги

При проектировании кривых в плане радиусами менее 3000 м для дорог I технической категории и менее 2000 м для всех оставшихся необходимо предусматривать устройство переходных кривых [3, 17, 20, 23, 24, 26, 30, 34, 35].

Переходная кривая - кривая постепенно изменяющейся кривизны для обеспечения плавного перехода между участками трассы, располагающаяся в плане между прямолинейным участком и кривой или между двумя кривыми разной кривизны [3, 17, 20, 23, 24, 26, 30, 34, 35].

Длина переходной кривой зависит от условий движения и радиуса круговой кривой R и рассчитывается по формуле (4.10), а затем назначается по табл. 4.3. В проекте принимают большую из полученных величин.

$$L_{ПК} = \frac{V^3}{(47 \times J \times R)}, \quad (4.10)$$

где V – расчетная скорость движения, км/ч;

J – скорость нарастания центробежного ускорения, м/с^3 , принимается $J = 0,5 \text{ м/с}^3$;

R – радиус круговой кривой, м.

Таблица 4.3

Наименьшая длина переходной кривой [30]

Радиус круговой кривой, R , м	60	80	100	150	200	250	300 - 400	500	600 - 1000	1000 - 2000
Длина переходной кривой, $L_{ПК}$, м	40	45	50	60	70	80	90 - 100	110	120	100

Последовательность проектирования переходных кривых [3, 17, 20, 23, 24, 26, 30, 34, 35]:

1) по каждого угла поворота (α), радиус (R) кривой которого ≤ 2000 м (≤ 3000 м - для I технической категории) по таблицам Н.А. Митина определяют элементы круговой кривой (T, K, B, D) [16];

2) определяют длину переходной кривой по формуле (4.10);

3) вычисляется угол φ , образованный касательной в конце переходной кривой и осью абсцисс (рис. 4.7):

$$\varphi = \left(\frac{L_{ПК}}{2R}\right) \times 57,3 ; \quad (4.11)$$

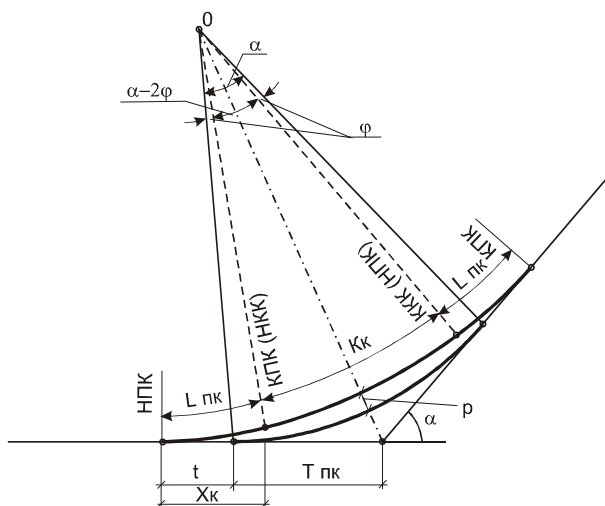


Рис. 4.7. Схема устройства переходных кривых [20, 23, 24, 34]

4) определяется возможность разбивки переходных кривых, т.е. соблюдение условия $\alpha \geq 2\varphi$. Если $\alpha < 2\varphi$, то увеличивается радиус кривой R или уменьшается длина переходных кривых $L_{ПК}$;

5) производится расчет основных элементов закругления с переходными кривыми:

- параметр переходной кривой C :

$$C = L_{ПК} \times R ; \quad (4.12)$$

- координаты конца переходной кривой $X_к$, $Y_к$:

$$\begin{aligned} X_к &= L_{ПК} - L_{ПК}^5 / (40 \times C^2); \\ Y_к &= L_{ПК}^3 / (6 \times C) - L_{ПК}^7 / (336 \times C^3); \end{aligned} \quad (4.13)$$

- величина сдвижки:

$$P = \Delta B = Y_к - R \times (1 - \cos \varphi); \quad (4.14)$$

- расстояние от начала переходной кривой до середины круговой кривой:

$$t = X_к - R \times \sin \varphi ; \quad (4.15)$$

- тангенс переходной кривой:

$$T_{ПК} = (R + P) \times \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + t ; \quad (4.16)$$

- составная длина круговой кривой:

$$K_K = \frac{\pi \times R \times (\alpha - 2\varphi)}{180}; \quad (4.17)$$

- полная длина закругления:

$$K_{ПК} = K_K + 2 \times L_{ПК}; \quad (4.18)$$

- домер переходной кривой:

$$D_{ПК} = 2 \times T_{ПК} - K_{ПК}; \quad (4.19)$$

- биссектриса переходной кривой:

$$B_{ПК} = B_{КК} + P; \quad (4.20)$$

- сокращение трассы за счет вписывания переходных кривых:

$$\Delta S = D_{ПК} - D_{КК}. \quad (4.21)$$

б) устанавливается пикетажное положение характерных точек составной кривой:

$\begin{aligned} & \text{ПК ВУП} \\ & \frac{T_{ПК}}{ПК \text{ НПК}} \\ & + \frac{L_{ПК}}{ПК \text{ КПК (НKK)}} \\ & + \frac{K_K}{ПК \text{ ККК (НПК)}} \\ & + \frac{L_{ПК}}{ПК \text{ КПК}} \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \text{Пикетажное положение} \\ & \text{середины закругления} \\ & \text{ПК КПК (НKK)} \\ & + \quad K_K / 2 \\ & \hline & \text{ПК середины } K_K \end{aligned}$
--	--

Для разбивки переходной кривой методом абсцисс и ординат всю её длину делят на участки и определяют координаты X и Y согласно таблиц Н.А. Митина [17].

Координаты кривой записываются в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Координаты для разбивки переходных кривых

Номера точек	Пикет, +	Расстояние от начала переходной кривой, м	Координаты для разбивки, м	
			X	Y

4.5. Разбивка пикетажа трассы на карте

На основании заполненной «Ведомости углов поворота, прямых и кривых» производится разбивка пикетажа трассы (прил. 1, табл. П.1, рис. П.1.). Пикеты по трассе устраиваются через 100 м и показываются размерами, определенными по правилам оформления чертежей [5, 6, 9, 10, 11], прил.2. 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 кривой откладывают рассчитанную величину соответствующих тангенсов. Полученные точки обозначают условными значками Т начала (НК $н$) и конца кривой (КК $н$) (прил. 2, рис. П.2.) и подписывают их пикетажные значения;

- находят местоположение ближайших к точкам начала и конца каждого закругления целых пикетов, обозначают их в соответствии с требованиями (прил. 2, рис. П.2.);

- между отмеченными целыми пикетами наносят недостающие пикеты;

- подписывают номера каждого пятого пикета трассы и изображают и подписывают километровые знаки.

4.6. Описание варианта плана трассы автомобильной дороги

Описание вариантов трассы дороги представляет краткую характеристику намеченных вариантов плана трассы.

При описании вариантов плана трассы указывают, какие точки она соединяет, какие реки пересекает, пересекает ли заболоченные и лесные массивы, пахотные земли, населенные пункты.

При описании варианта трассы указывают количество углов поворотов, его величину, указывают длину каждого 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 дирекционными углами. Обосновывают элементы закруглений.

4.7. Сравнение вариантов трассы

Выбор лучшего варианта трассы в курсовом проекте производят на основе всестороннего анализа технических показателей. 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 ;

Коэффициент удлинения – отношение длины трассы L_{mp} к длине воздушной линии ($L_{вл}$), соединяющей начало и конец трассы [20, 23, 24, 34, 35]:

$$K_y = \frac{L_{mp}}{L_{вл}}. \quad (4.22)$$

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

3) число углов поворотов;

4) суммарная величина углов поворотов $\Sigma\alpha$;

5) средняя величина углов поворота на 1 км трассы α_{cp} , определяется по формуле:

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum \alpha}{n}, \quad (4.23)$$

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

n – количество углов поворота;

б) средний радиус закругления трассы R_{cp} , определяется по формуле:

$$R_{cp} = \frac{\sum R}{n}, \quad (4.24)$$

где ΣR - суммарная величина радиусов в плане, м,

n – количество радиусов кривых;

7) минимальный радиус закругления R_{min} ;

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 через населенные пункты;

12) протяженность участков трассы, проходящих по землям сельскохозяйственного назначения.

Все рассмотренные показатели заносят в таблицу по форме 4.5. При необходимости их количество допускается увеличивать или уменьшать.

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 4.5

Форма таблицы для сравнения вариантов плана трассы

Технические показатели	Единица измерения	Величина показателей для варианта		Преимущество	
		I вариант	II вариант	I вариант (\pm)	II вариант (\pm)

4.8. 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 [5, 6, 9, 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 прямых выносят на план трассы согласно данным «Ведомости...». Принятый вариант трассы изображают красным цветом в соответствии с требованиями ГОСТ [5, 6, 9, 10, 11], прил. 3, табл. П.3.. Образец оформления трассы для курсового проекта показан в прил. 2, рис. П.2.

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); проектируемые трубы и мосты; подписать их пикетажные значения; диаметр трубы или длину моста; местоположение и информацию о реперах (прил. 3, табл. П.3; прил. 4., табл. П.4)

4.9. 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 рельефа, контурных препятствий, естественных уклонов местности.
- Трассирование теодолитного хода на карте, измерение углов поворотов, румбов (дирекционных углов) хода.

- Подбор закруглений, вписывание горизонтальных кривых на плане (карте): определение форм и радиусов кривых. Заполнение «Ведомости...» и проверка вычислений.
- Определение пикетажных значений основных точек трасс. Разбивка пикетажа трассы на карте: графическое оформление пикетажа на трассе (прил. 2,3).
- Сравнение вариантов трасс: расчет показателей для сравнения вариантов, заполнение таблицы 4.5, обоснование выбора.
- Оформление пояснительной записки раздела «Проектирование плана трассы».
- Оформление плана трассы на карте.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы принципы ландшафтного проектирования?
2. Основные элементы плана трассы?
3. Формы кривых плана трассы. Основные элементы круговой кривой?
4. Что называется переходной кривой?
6. Формулы для расчета пикетажных положений точек начала и конца кривой.
7. На основании каких технических показателей производится сравнение вариантов трассы?

5. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

5.1. Общие положения

Продольным профилем автомобильной дороги называют развернутую в плоскости чертежа проекцию оси дороги на вертикальную плоскость, изображенную в уменьшенном масштабе [20, 23, 24, 30, 34]. Его принято изображать в виде специального чертежа, выполненного в соответствии с ГОСТ [5, 6, 9, 10, 11].

При оформлении продольного профиля используют, как правило, три основных цвета:

- **черный** - для непроежных (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.

Исходными данными для проектирования продольного профиля являются: отметки поверхности земли по оси дороги и грунтово-геологический разрез.

Надписи в сетке продольного профиля выполняют 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. 5.1 в кружочках, на чертеже не указывают.

Проектные данные	Тип местности по увлажнению			5	①
	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	
				145	
				75	

Рис.5.1. Боковик (таблица) продольного профиля, размеры указаны в мм [20, 34]

5.2. Нанесение элементов плана трассы на продольный профиль

Заполнение продольного профиля начинают со строки №14 (рис. 5.1) 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 [5, 6, 9, 10, 11] и указывают над боковиком таблицы.

В курсовом проекте принимают следующие масштабы:

- горизонтальный 1:5000;
- вертикальный 1:500;
- вертикальный для грунтов 1:100.

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 [6, 10] или по прил.3, табл. П.3 и прил. 4, табл П.4.

Таблица 5.1

Перечень возможных используемых масштабов чертежей

Наименование изображения	Масштаб изображения	
	основной	допускаемый
План автомобильных дорог на застроенной территории	1:1000	1:2000 , 1:500
План других автомобильных дорог	1:2000	1:5000 , 1:1000
План организации рельефа и земляных масс	1:1000	1:2000 , 1:500
Продольный профиль автомобильных дорог на застроенной территории	По горизонтали 1:2000 По вертикали 1:200	По горизонтали 1:5000 По вертикали 1:500
Продольный профиль других автомобильных дорог	По горизонтали 1:5000 По вертикали 1:500	По горизонтали 1:2000 По вертикали 1:200
Изображения грунтов на продольном профиле	По вертикали 1:100	По вертикали 1:200 , 1:50
Поперечный профиль земляного полотна автомобильных дорог на застроенной территории	1:100	1:200 , 1:50
Поперечный профиль земляного полотна других автомобильных дорог	1: 200	1:50
Конструкция дорожной одежды	1:100	1:200,1:50
Продольный профиль водоотводной и нагорной канав	По горизонтали 1:5000 По вертикали 1:500	По горизонтали 1:2000 По вертикали 1:200
Продольный профиль водосброса	1:200	1:500 , 1:100
Фрагмент плана автомобильной дороги	1:200	1:500
Узел	1:20	1:10
Схема расположения технических средств организации дорожного движения на автомобильной дороге на застроенной территории	1:1000	1:500
Схема расположения технических средств организации дорожного движения на других автомобильных дорогах	Продольное направление 1:2000 Поперечное направление 1:1000	Продольное направление 1:5000 , 1:1000 Поперечное направление 1:2000 , 1:1000
Графики скорости хода одиночного автомобиля и эпюры коэффициентов аварийности	1:10000	1:5000

Примечание: Допускается в демонстрационных чертежах плана автомобильных дорог использовать масштабы 1:25000 и 1:10000.

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 [6, 10].

5.3. Определение отметок поверхности земли

Для проектирования линии поверхности земли применяют метод интерполяции или экстраполяции в зависимости от расположения точек относительно горизонталей с известными абсолютными отметками [20, 23, 24, 34].

Плюсовые точки снимают в точках изменения крутизны склонов и густоты горизонталей, на пересечениях с железными и автомобильными дорогами, в оврагах, на поймах и в руслах рек и т.д.

В случае расположения искомых точек между горизонталями с известными абсолютными отметками (рис. 5.2), зная шаг горизонталей, и используя подобие треугольников (рис. 5.2, а), методом интерполяции находят искомое превышение:

$$\frac{x}{h} = \frac{b}{\ell}, \quad (5.1)$$

где ℓ - расстояние между горизонталями по карте; b - расстояние от ближайшей горизонтали до искомой точки по карте; h - шаг горизонталей; x - искомое превышение:

$$x = \frac{b \times h}{\ell}. \quad (5.2)$$

Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали или за пределами горизонталей, отметку определяют экстраполяцией. Схемы для расчета отметок приведены на рис. 5.3.

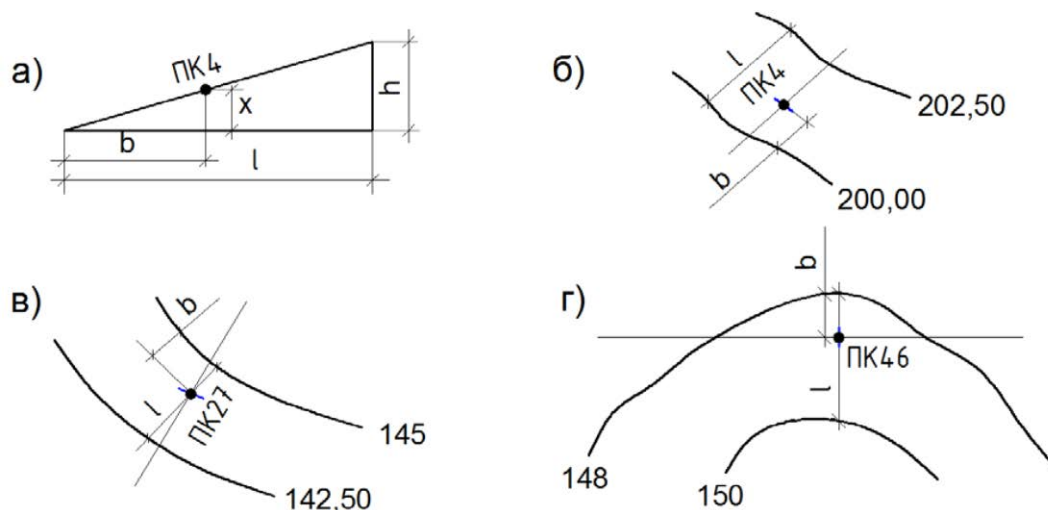


Рис. 5.2. Схемы для определения отметок методом интерполяции [20, 34]

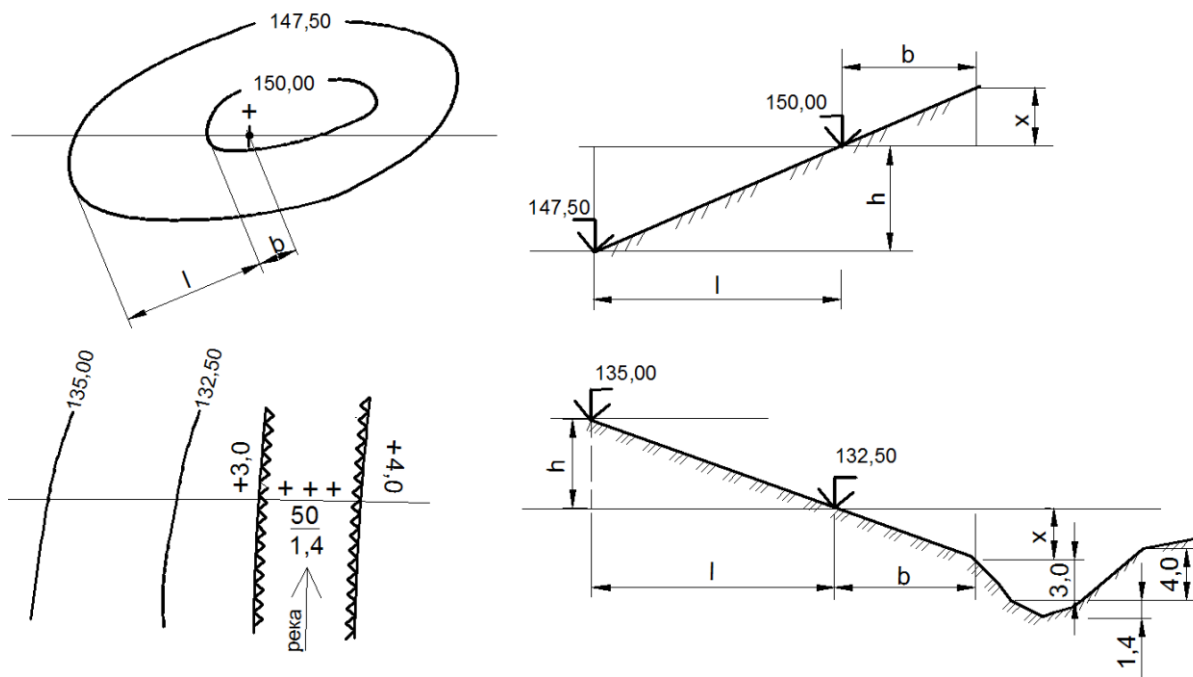


Рис. 5.3. Схемы для определения отметок методом экстраполяции [20, 34]

На чертеже продольного профиля наносят линию поверхности земли (черную линию) по отметкам, снятым с карты. Отметки указывают с точностью до сантиметров. Точки черной линии соединяют ломаной линией, ниже которой на расстоянии 2 см дублируют линию грунтового профиля. Под линией грунтового профиля наносят геологический разрез, на котором в виде шурфов и скважин с указанием их порядкового номера дают характеристику грунтов и глубину их залегания. 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 фундаментами мостов – не менее 7 м.

Фрагмент геологического разреза продольного профиля представлен на рис. 5.4. В скважинах и шурфах штриховкой показывают консистенцию грунтов, рис. 5.5. 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.

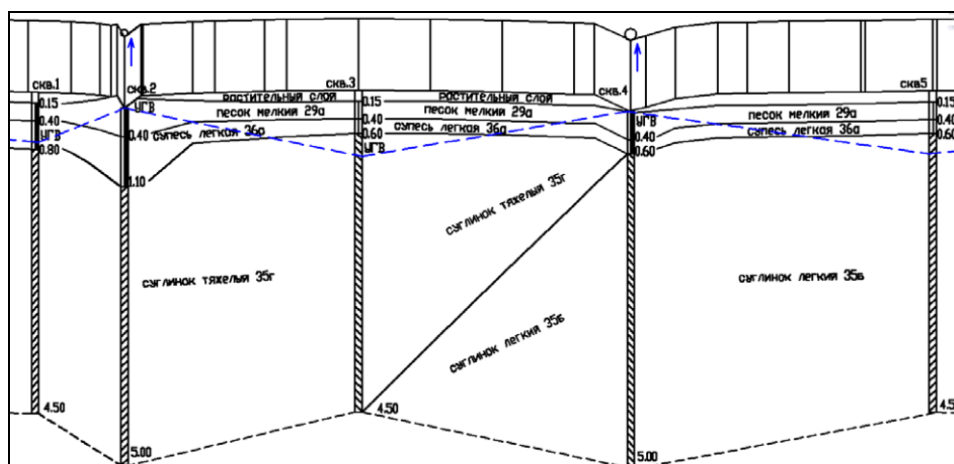


Рис. 5.4. Фрагмент геологического разреза [20, 34]

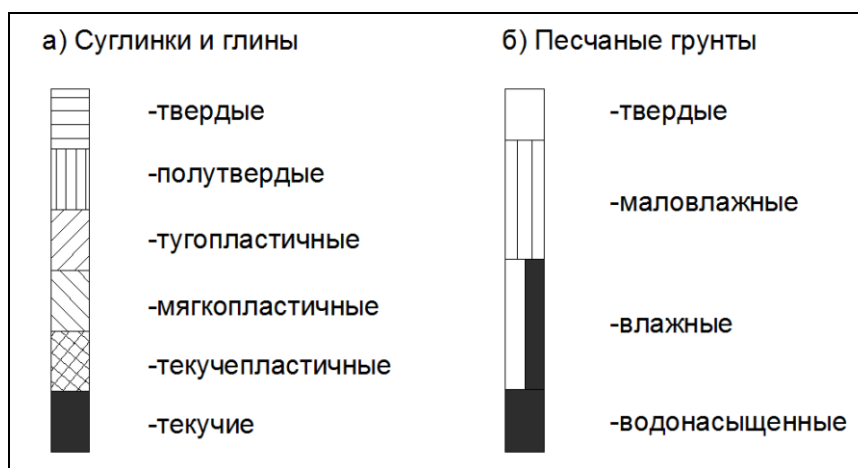


Рис. 5.5. Схема условных обозначений консистенции грунтов [20, 34]

После нанесения 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.

Описание характерных признаков типов местности по увлажнению определяется по СП 34.13330.2012 [30] и зависит от дорожно-климатической зоны (табл. 5.2). 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.

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.

Таблица 5.2
Типы местности по характеру и степени увлажнения [30]

Тип местности	Признаки в 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 среднеподзолистые 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 сезоннооттаивающего слоя от 1,0	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 солоды	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - сильносолонцеватые черноземы, каштановые, солонцы и солоды	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы - солонцы, такыры, солончаковые, солонцы и реже солончаковатые солонцы и реже солончаки

	до 2,5 м при наличии глинистых просадочных грунтов влажностью более 0,8				
3-й	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов; почвы тундровые и болотные; торфяники; мощность сезоннооттаивающего 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

5.4. Способы нанесения проектной линии

Существует два способа нанесения проектной линии на продольный профиль (рис. 5.6) [20, 34]:

- 1) по обертывающей;
- 2) по секущей.

Первый способ – по обертывающей – заключается в нанесении проектной линии, повторяющей поверхность земли с учетом прохождения контрольных точек в соответствии с допустимыми нормативными значениями уклонов для проектируемой дороги. Преимуществом данного способа является обеспечение устойчивости земляного полотна и минимизация земляных работ.

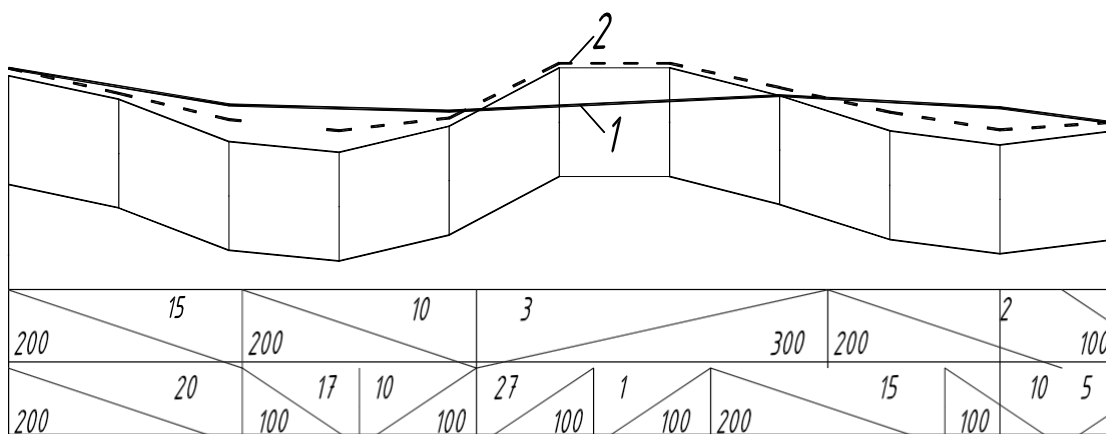


Рис. 5.6. Способы нанесения проектной линии [20, 34]: 1 - по секущей;
2 - по обертывающей

Отклонение проектной линии от руководящей рабочей отметки при данном способе возможно [20, 23, 24, 30, 34]:

- 1) в местах пересечения с железной дорогой в одном уровне проектная линия прокладывается горизонтально на уровне головки рельса;
- 2) в местах пересечения с автомобильной дорогой высшей категории в одном уровне. Проектная линия пересекающей дороги должна быть проведена с продольным уклоном, равным поперечному уклону проезжей части пересекаемой дороги;
- 3) на овражистых или с небольшими возвышенностями участках местности;
- 4) на подходах к искусственным сооружениям;
- 5) на заболоченных участках с целью предотвращения воздействия грунтовых и поверхностных вод.

Способ нанесения проектной линии по обертывающей целесообразен в условиях равнинного и слабохолмистого рельефа местности.

Для проектирования в условиях холмистого рельефа проектную линию следует наносить по секущей. Проектная линия в данном случае будет проходить как в насыпи, так и в выемке. В местах перехода проектной линии из насыпи в выемку и наоборот будут образовываться **точки нулевых работ** [20, 23, 24, 30, 34].

Данный способ позволяет осуществлять проектирование, соблюдая баланс земляных работ между смежными участками, и добиваться максимальной эффективности производства строительных работ.

5.5. Контрольные точки продольного профиля

При нанесении 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.

Контрольные точки – точки, фиксирующие положение оси проезжей части дороги по высоте [20, 23, 24, 30, 34].

Основными контрольными точками являются: точки начала и конца трассы; отметки проезжей части мостов; отметки бровки (или оси) над малыми водопропускными сооружениями; отметки головки рельсов и отметки оси или бровки существующей автомобильной дороги.

Рабочая отметка - разность между отметкой оси и отметкой земли. Величина рабочей отметки указывает на высоту насыпи или глубину выемки в соответствующей точке продольного профиля [20, 23, 24, 30, 34]. Для насыпей их подписывают над проектной линией, для выемок – под проектной линией.

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 [20, 23, 24, 30, 34].

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 [20, 23, 24, 30, 34]. Она является отметкой приближения сверху и рассчитывается по формуле:

$$H_{\min} = H_g + h_{\min} + h_{\text{стр}} + h_{\text{д.о}}, \quad (5.3)$$

где H_g - отметка уровня высоких вод при расчетном расходе;

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

$h_{\text{стр}}$ - строительная высота пролетного строения до уровня проезжей части, принимается в зависимости от конструкции моста согласно СП 35.13330.2011;

$h_{\text{д.о}}$ - толщина конструкции дорожной одежды.

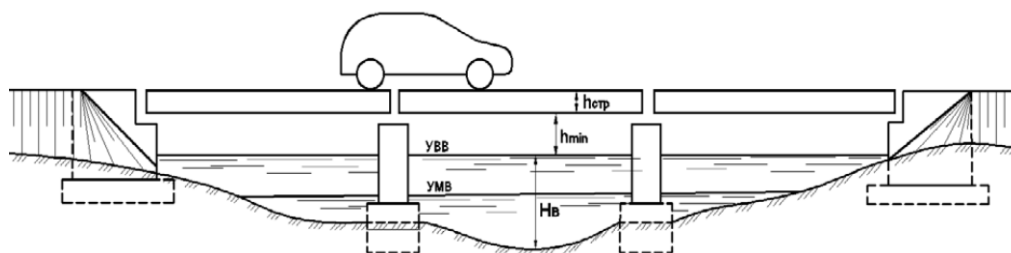


Рис. 5.7. Схема моста для расчета контрольной отметки [20, 34]

Высота насыпи в местах устройства водопропускных труб. Наименьшая высота насыпи у труб (отметка приближения сверху) определяется в соответствии со схемой рис. 5.8 по формулам:

$$\text{для безнапорных труб: } H_{\min} = d_{\text{тр}} + \delta_{\text{ст}} + \Lambda + h_{\text{д.о.}}, \quad (5.4)$$

$$\text{для полунанпорных и напорных труб: } H_{\min} = H + \Lambda_{\text{зан}}, \quad (5.5)$$

где $d_{\text{тр}}$ - диаметр трубы, м;

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

$\Lambda = h_{\text{зан}}$ - засыпка над трубой: $\Lambda = h_{\text{зан}} \geq 0,5$ м для железобетонных труб;

$\Lambda = h_{\text{зан}} \geq 0,8$ м - для металлических гофрированных труб;

H - подпор воды перед трубой;

$\Lambda_{\text{зан}}$ - запас над уровнем подпертой воды: $\Lambda_{\text{зан}} = 0,5$ м - для труб при $d_{\text{тр}} \leq 2$ м и $\Lambda_{\text{зан}} = 1,0$ при $d_{\text{тр}} > 2$ м;

$h_{\text{д.о.}}$ - толщина дорожной одежды (в качестве исключения допускается принимать толщину только монолитных слоев дорожной одежды).

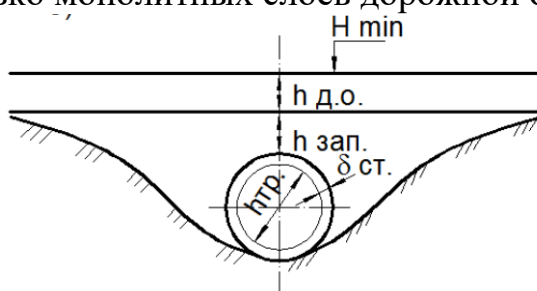


Рис. 5.8. Определение контрольной точки над трубой [20, 34]

Руководящие отметки из условия уровня залегания грунтовых вод. В зависимости от грунтово-гидрологических условий обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод должно соответствовать данным табл. 5.3. [20, 23, 24, 30, 34].

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.

Рекомендуемая рабочая отметка h_y земляного полотна определяется [20, 23, 24, 30, 34]:

а) с учетом ширины и поперечного уклона проезжей части 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.5.9) определяется по формуле:

$$h_y = h + 0,5 \times B \times i_{\text{non}} - h_2, \quad (5.6)$$

где h - наименьшая высота покрытия (по табл. 5.3);

B - ширина проезжей части, м;

i_{non} - поперечный уклон проезжей части, в тысячных долях;

h_2 - глубина залегания грунтовых вод, м;

б) для участков с необеспеченным поверхностным стоком при глубоком залегании грунтовых вод (1-й и 2-й типы местности по условиям увлажнения по формуле:

$$h_y = h + 0,5 \times B \times i_{non}. \quad (5.7)$$

Руководящая отметка по условию снегонезаносимости. В районах проектирования, характеризуемых устойчивым уровнем снегового покрова, различают снегозаносимые и снегонезаносимые участки дорог [20, 23, 24, 30, 34].

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% [20, 23, 24, 30, 34].

Таблица 5.3

Наименьшее возвышение поверхности покрытия в зависимости от дорожно-климатических зон, м [30]

Грунт рабочего слоя	Значение наименьшего возвышения, м			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	<u>1,1</u> 0,9	<u>0,9</u> 0,7	<u>0,75</u> 0,55	<u>0,5</u> 0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	<u>1,5</u> 1,2	<u>1,2</u> 1,0	<u>1,1</u> 0,8	<u>0,8</u> 0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	<u>2,2</u> 1,6	<u>1,8</u> 1,4	<u>1,5</u> 1,1	<u>1,1</u> 0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	<u>2,4</u> 1,8	<u>2,1</u> 1,5	<u>1,8</u> 1,3	<u>1,2</u> 0,8

Примечание: 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

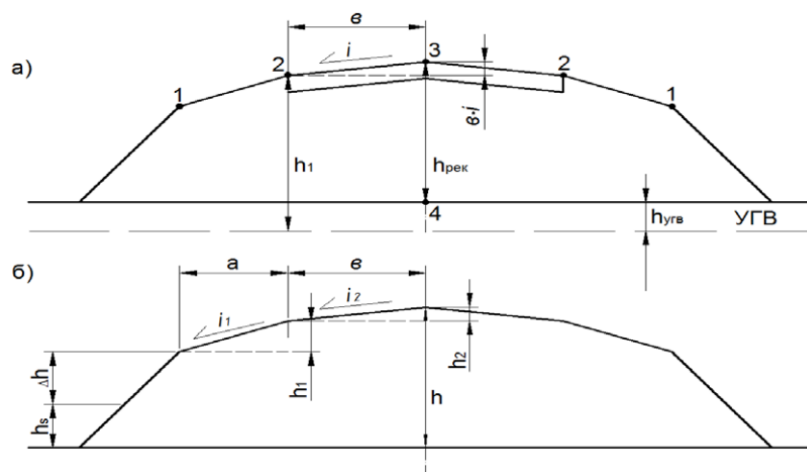


Рис. 5.9. Схема определения руководящей рабочей отметки [20, 34]:
 а) залегания уровня грунтовых вод; б) снегонезаносимости.
 1 – бровка земляного полотна,
 2 – кромка проезжей части; 3 – ось проезжей части

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

Таблица 5.4
 Высота снегового покрова, h_s , см [20, 29, 30, 34]

Населенный пункт	Высота снегового покрова
Брянск	71
Владимир	72
Вологда	82
Воронеж	59
Вятка (Киров)	86
Иваново	74
Калининград	40
Калуга	81
Кемерово	86
Кострома	81
Краснодар	20
Курск	54
Москва	90
Мурманск	62

Населенный пункт	Высота снегового покрова
Нижний Новгород	76
Новгород	79
Орел	74
Псков	77
Рязань	84
Самара	82
Санкт-Петербург	70
Саратов	58
Свердловск	91
Смоленск	79
Тверь	84
Тула	76
Челябинск	79
Ярославль	73

Высоту насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности по условию снегонезаносимости и во время метелей, определяют по формуле [30]:

$$h_{оп} = h_s + \Delta h, \quad (5.8)$$

где h_{op} - высота бровки незаносимой насыпи, м;

h_s - расчетная высота снегового покрова в месте, где возводится насыпь, с вероятностью превышения 5%, м (при отсутствии указанных данных допускается упрощенное определение h_s по метеорологическим справочникам);

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 [20, 34]:

- 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_2 и, соответственно, ширину половины проезжей части b и ширину обочины a (рис.5.9 б). Рекомендуемая рабочая отметка насыпи на снегозаносимом участке определится по преобразованной формуле:

$$h = h_s + \Delta h + h_1 + h_2 = h_s + \Delta h + a \times i_1 + b \times i_2, \quad (5.9)$$

В районах, где расчетная высота снегового покрова превышает 1 м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке, используя формулу [20, 34]:

$$\Delta h_{sc} = \frac{0,375 \times h_s \times B}{a}, \quad (5.10)$$

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.

Если Δh оказывается меньше возвышения бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки Δh_{sc} , то в расчетных формулах Δh меняется на Δh_{sc} .

Переезды и пересечения автомобильных дорог с железными дорогами. Автомобильная дорога на протяжении 10 м от крайнего рельса при движении переезда по 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 месту пересечения на протяжении 50 м следует проектировать с продольным уклоном не более 30‰ [30].

5.6. Нанесение проектной линии

Проектирование и реконструкцию автомобильных дорог общего пользования и городских дорог осуществляют относительно оси проезжей части. Проектная линия имеет следующие элементы: прямые, которые характеризуются величиной продольного уклона спуска или подъема, и вертикальные выпуклые и вогнутые кривые:

Продольным уклоном (i) называется отношение разности отметок между начальной и конечной точками участка (h) к длине этого участка (l) (рис. 5.10) [20, 23, 24, 30, 34].

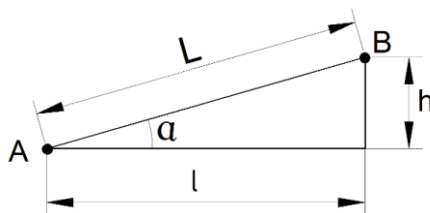


Рис. 5.10. Схема вычисления продольного уклона [20, 34]

$$i = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (5.11)$$

Уклон может приниматься в промилле, в процентах или в тысячных долях; $1\text{‰} = 0,1\% = 0,001$.

Для проектной линии продольного профиля различают выпуклые и вогнутые вертикальные кривые. Каждая ветвь кривой имеет свое наименование, схемы вертикальных кривых показаны на рис. 5.11. Наиболее распространенная форма вертикальных кривых для проектирования продольного профиля вручную – парабола, которая описывается уравнением [17, 20, 34, 35]:

$$y = \frac{x^2}{2R}, \quad (5.12)$$

где R – радиус выпуклой или вогнутой кривой.

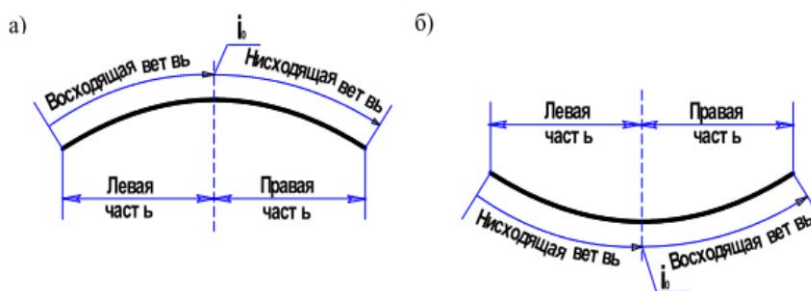


Рис. 5.11. Виды вертикальных кривых [17, 20, 23, 24, 30, 34]: а) выпуклая, б) вогнутая

В переломах продольного профиля при алгебраической разности уклонов $\geq 5\%$ на дорогах I и II категории, $\geq 10\%$ - на дорогах III категории и $\geq 20\%$ - на дорогах IV и V категории необходимо вписывать вертикальные кривые (рис 5.12) [30].

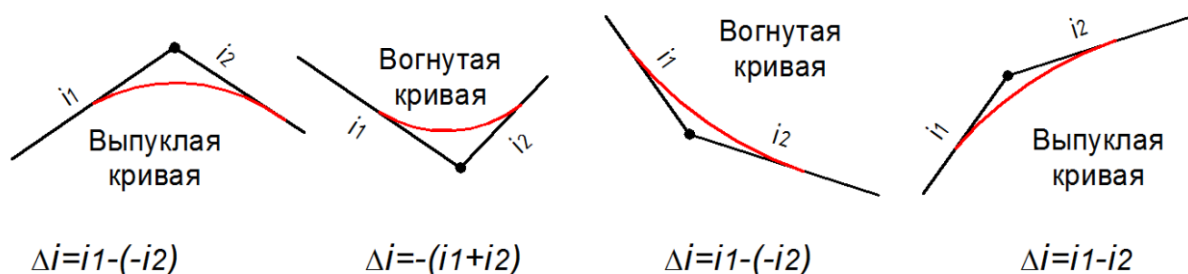


Рис. 5.12. Схемы для назначения вида вертикальной кривой и определения алгебраической разности сопрягаемых уклонов Δi [20, 34]

Знак уклона «+» принимается при движении на подъем, «-» - на спуск.

Сводом правил [30] 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;
- кривые малого радиуса в конце затяжных спусков устраивать запрещается.

Если кривая в плане расположена в конце спуска длиной свыше 500 м и с уклоном более 30% , радиус ее должен быть увеличен не менее чем в 1,5 раза по сравнению с величинами, приведенными в СП [30], с совмещением горизонтальной кривой в плане и вогнутой вертикальной кривой в продольном профиле в конце спуска.

При пересечении автомобильной дороги с железной дорогой в одном уровне автомобильная дорога на протяжении 2 м от крайнего рельса должна иметь горизонтальную площадку или уклон, обусловленный превышением одного рельса над другим, когда пересечение располагается в месте закругления железной дороги. При этом подходы к пересечению на расстоянии 50 м следует проектировать с уклоном не более 30% .

Независимо от способа нанесения проектной линии продольного профиля следует стремиться обеспечить пространственную плавность дороги за счет рационального сочетания элементов плана и продольного профиля.

5.7. Методы нанесения проектной линии

При нанесении проектной линии применяют три метода [17, 20, 34]:

- 1) метод тангенсов - проектная линия наносится участками в виде ломаной линии с последующим вписыванием в её переломы вертикальных кривых;
- 2) метод Н.М. Антонова - с помощью прозрачных шаблонов различных радиусов;
- 3) аналитическим методом – с помощью таблиц Н.М. Антонова [25].

5.7.1 Нанесение проектной линии методом тангенсов

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 [17, 20, 34].

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. 5.13). Уклоны элементов указывают в промилле. Знак «⁰/₀₀» в продольном профиле не показывают.

По формуле (5.13) выполняют проверку вычислений для ломаной проектной линии:

$$\sum(+h) - \sum(-h) = H_{нтр} - H_{ктр}, \quad (5.13)$$

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

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

В подготовленную ломаную проектную линию вписывают вертикальные кривые.

Вид кривой определяют по схеме рис. 5.12 в зависимости от вида сопрягаемых элементов.

Далее вычисляют отметки промежуточных точек на полученных участках.

На этом этапе окончательно заполняют строки № 10 и 11 продольного профиля, причем в строке 10 вертикальные кривые, запроектированные методом тангенсов, не показываются (рис. 5.14).

Далее определяют рабочие отметки по формуле (5.14) и записывают их возле проектной линии.

$$h_p = H_{нр} - H_z, \quad (5.14)$$

где $H_{нр}$ - отметка оси дороги;

H_z - отметка земли.

Положительное значение рабочей отметки соответствует насыпи, отрицательное – выемке.

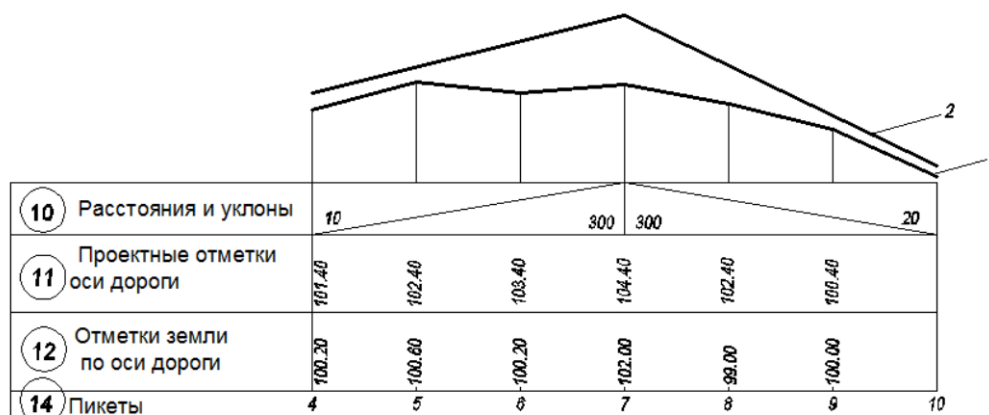


Рис. 5.13. Фрагмент продольного профиля с проектной линией в виде ломаной [20,34]: 1 – линия земли; 2 – проектная линия (цифры в кружках обозначают номера строк в сетке продольного профиля)

Вертикальные кривые вписываются по окружности, но при больших радиусах кривых и сравнительно малых величинах ординат (y) формула вертикальной кривой приобретает вид [17, 20, 34]:

$$y = \frac{x^2}{2R_g}, \quad (5.15)$$

где R_g - радиус вертикальной кривой;

x, y - координаты векторных точек вертикальной кривой.

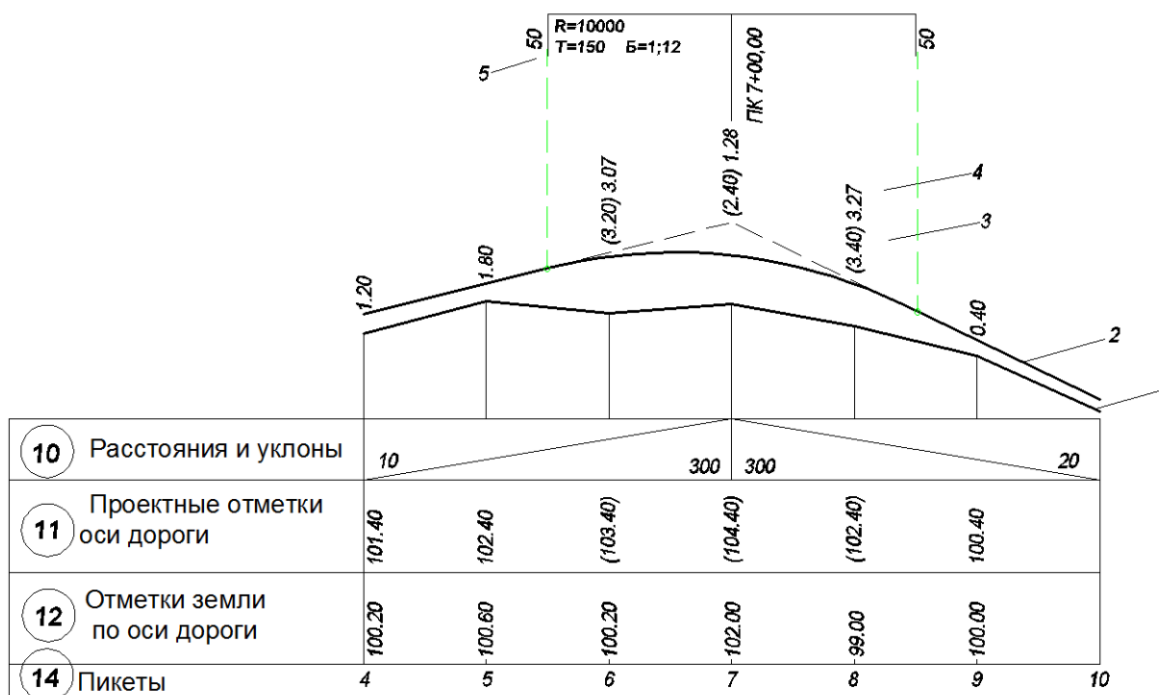


Рис.5.14. Фрагмент продольного профиля с проектной линией в виде ломаной [17, 20, 34]: 1 – линия земли; 2 – проектная линия; 3 – рабочая отметка без поправки на кривую, 4 – рабочая отметка с поправкой на кривую; 5 – обозначение вертикальной кривой; 6 – пикетажное положение вершины вертикальной кривой (цифры в кружках обозначают номера строк в сетке продольного профиля)

Если $X=T_g$, то $Y=B_g$, тогда элементы вертикальной кривой – биссектриса (B_g), тангенс (T_g), кривая (K_g) – определяются по формулам (5.15) или таблицам [17]:

$$B_g = \frac{T_g^2}{2R_g}; \quad T_g = \frac{R_g(i_1 - i_2)}{2}; \quad K_g = 2T_g, \quad (5.16)$$

где i_1, i_2 - продольные уклоны сопрягаемых элементов.

На плюсовых и пикетных точках для кривой вычисляют поправки к рабочим отметкам по формуле (5.16). 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. 5.15.

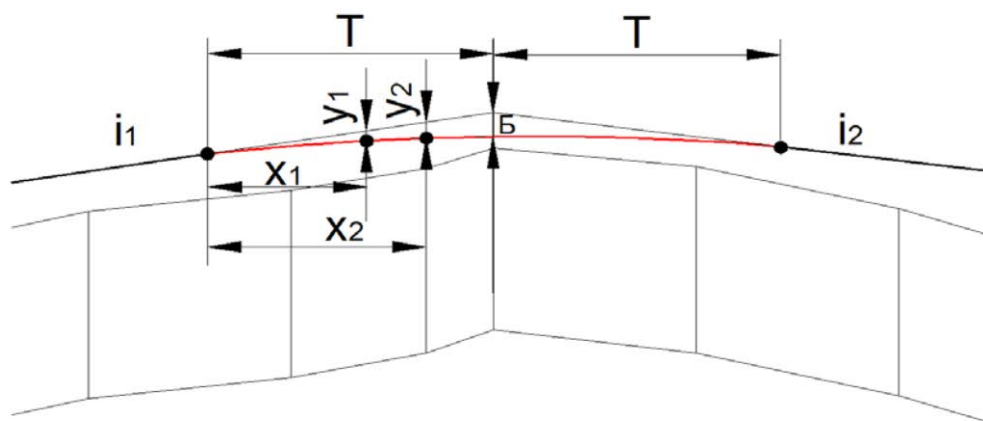


Рис. 5.15. Схема для расчета поправок на вертикальную кривую [17, 20, 34]

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 (5.15, 5.16) или табл. [17]. Оформление продольного профиля при применении метода тангенсов на фрагменте профиля рис. 5.15

5.7.2 Нанесение проектной линии методом Н.М.Антонова

Данный метод основан на использовании прозрачных шаблонов, изготовленных в масштабе продольного профиля с нанесенными штрихами в точках кривых соответствующих уклонам касательных. Пользование шаблонами предполагает обязательное тщательное выполнение чертежно-

графических работ. Подробно методика нанесения проектной линии методом инженера Антонова описана в таблицах [25].

Элементами проектной линии, проложенной методом 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 [25] или формулы:

$$l_0 = R_g \times i; \quad (5.17)$$

$$h = \frac{l_0^2}{2R_g}, \quad (5.18)$$

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_g - радиус вертикальной кривой;

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

На основании выполненных расчетов заполняют строки № 10, 11 продольного профиля. При этом вертикальные кривые в строке № 10 показывают в соответствии с условными обозначениями прил.4., табл. П.4.

При проектировании проектной линии продольного профиля методом 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.

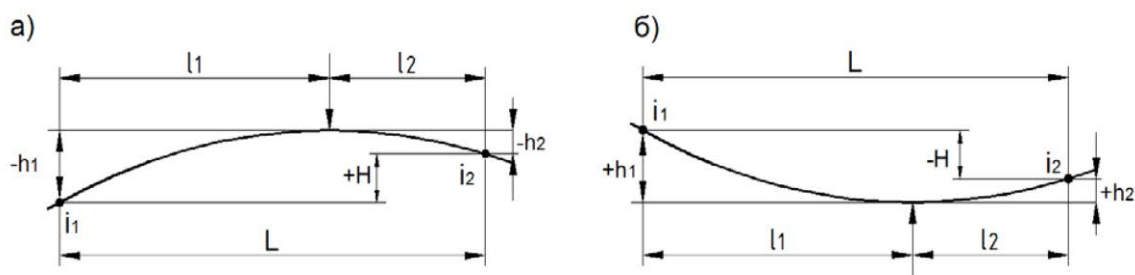


Рис. 5.16. Схемы для определения элементов вертикальных кривых методом Антонова [17, 20, 34]: а) выпуклая кривая, б) вогнутая кривая

Последовательность работы при нанесении проектной линии методом Антонова:

1. В места переломов проектной линии, подбирая радиусы помещают прозрачные шаблоны, выбирая радиусы в зависимости от технической

категории проектируемой дороги, при которых очертание проектной линии будет оптимальным.

2. Выполняют расчет элементов проектной линии по формулам (5.17), (5.18) и приводят в соответствие чертеж и расчеты.

3. 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.

5.8. Точки нулевых работ

На участках продольного профиля, где проектная линия переходит из насыпи в выемку, образуются **точки нулевых работ** [20, 23, 24, 34], которые могут быть определены из подобия треугольников (рис. 5.17 а) по формуле:

$$x = l \frac{H_1}{H_1 - H_2}, \quad (5.19)$$

где H_1, H_2 - рабочие отметки земляного полотна.

Для участков, расположенных на вертикальных кривых (рис. 5.17 б), местоположение точки нулевых работ может быть получено путем решения системы уравнений вертикальной кривой $x^2 = 2R_g \cdot y$ и прямой линии

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

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

$$x = R_g \pm \sqrt{R_g^2 \cdot i^2 - 2R_g \cdot a}, \quad (5.20)$$

где R_g - радиус вертикальной кривой, м;

i - уклон поверхности земли в долях единицы;

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

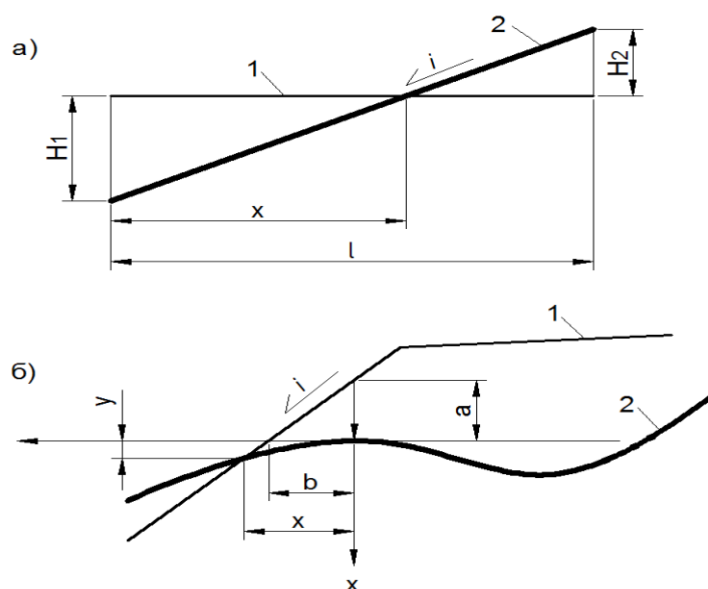


Рис. 5.17. Схемы для определения местоположения точек нулевых работ [20, 34]:
1 - линия земли; 2 - проектная линия

5.9. 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 [30].

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 конструкции.

Боковые канавы (кюветы) служат для отвода воды, стекающей не только с поверхности дороги, но и прилегающей к дороге местности.

По нормам проектирования [30] 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.

Размеры водоотводных сооружений (канал и кюветов) при известных величинах расходов воды рассчитывают по специальным методикам, однако минимальные размеры устанавливаются нормами проектирования [30] и не могут быть уменьшены (табл. 5.7).

Таблица 5.7

Минимальные размеры водоотводных сооружений [30]

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
Каналы 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 трапециевидные	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 каналах и кюветах по их дну обеспечивают продольный уклон. Наибольший продольный уклон водоотводных устройств определяют в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна канала с учетом допускаемой по размыву скорости течения. При невозможности обеспечения допустимых уклонов предусматривают быстротоки, перепады и водобойные колодцы [2, 3, 23, 24, 30, 34, 35].

Для каналов величину продольного уклона назначают по продольному уклону рельефа. Для кюветов, как правило, по продольному уклону проектной линии. На протяжении канала или кювета продольный уклон их дна меняется. Дно каналов и кюветов должно иметь продольный уклон не менее 5‰ и в исключительных случаях - не менее 3‰ [30].

Во избежание размыва каналов 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. 5.8.

Таблица 5.8

Типы укрепления водоотводных сооружений [30]

Грунты	Типы укреплений при продольных уклонах, ‰					
	Без укрепления	Гидропосев трав	Засев трав по плодородному слою	Щебневание	Бетонные элементы	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

Схемы укрепления канав от размыва назначают на основании расчетов. На рис.5.18 показаны схемы комбинированного укрепления.

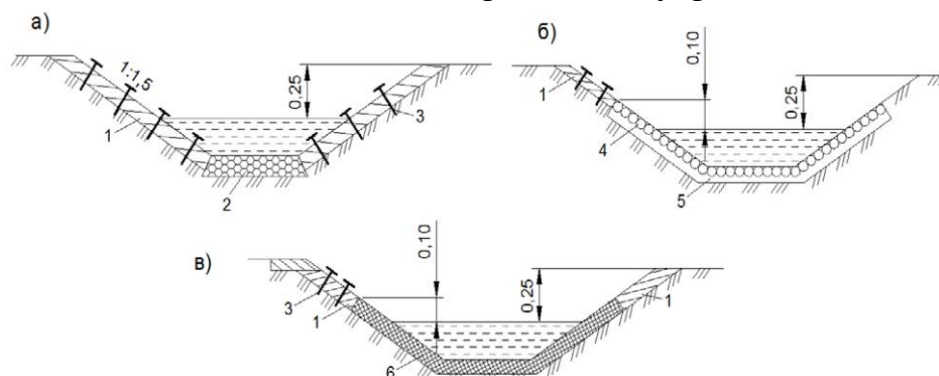


Рис. 5.18. Схемы укрепления водоотводных канав [20, 23, 24, 34, 35]: а) сплошной одерновкой; б) мощением; в) грунтом, обработанным вяжущим материалом; 1- дерн толщиной 8-10 см; 2 – щебень или гравий; 3- деревянные кольшки; 4 - камень слоем 12-16 см; 5 - геосинтетический материал; 6 - слой грунта, обработанного вяжущим, толщиной 5-10 см

5.10. 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 прил. 5, рис. П.5.

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

1. Вычерчивают сетку продольного профиля в соответствии с ГОСТ [10], рис. 5.1.

2. 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. Для строк № 13, 14 данные берут с плана трассы и из «Ведомости углов поворотов, прямых и кривых».

3. Строят линию поверхности земли и грунтового профиля, где указывают характеристику залегающих грунтов. Шурфы и скважины нумеруют. В скважинах и шурфах штриховкой показывают состояние грунтов (рис. 5.5).

4. Рассчитывают контрольные и руководящие отметки. Расчеты проводят в пояснительной записке.

5. Наносят проектную линию продольного профиля и заполняют строки № 10, 11. Последовательность работы по нанесению проектной линии зависит от метода ее нанесения.

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

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

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

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

10. 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).

11. Приступают к формированию поперечных профилей земляного полотна по разделу 6 настоящего пособия. После разработки типов поперечных профилей заполняют строки 2 и 3 продольного профиля.

Вопросы для самоконтроля








1. Что называется продольным профилем автомобильной дороги?
2. Какие требования следует учитывать при проектировании продольного профиля?
3. Какими методами определяют отметки земли?
4. Что относится к контрольным точкам проектной линии?
5. Что такое руководящая рабочая отметка? Из каких условий она назначается?
6. Способы и методы нанесения проектной линии?
7. Что такое точка нулевых работ на продольном профиле?
8. Что называется рабочей отметкой и как она определяется?
9. Что относится к основным сооружениям поверхностного водоотвода на автомобильной дороге?
10. При каких условиях поверхностный дорожный водоотвод проектируется с двух сторон земляного полотна?
11. Как осуществляется назначение размеров канав и кюветов при проектировании поверхностного водоотвода?

6. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

6.1. Общие требования к проектированию

Земляное полотно проектируют и возводят, руководствуясь общими рекомендациями норм проектирования [8, 30, 31].

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 [30], табл. 6.1, 6.2.

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. 6.1, с разработкой мероприятий по обеспечению безопасности движения (устройство ограждений и др.).

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.

Таблица 6.1

Крутизна откосов насыпей [30]

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 однородных мелких песков

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 6.2

Крутизна откосов выемок [30]

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	1:4
	от 2 до 12	1:2
Лесс	до 12	$\frac{1:0,1 - 1:0,5}{1:0,5 - 1:1,5}$

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 6.2 в расчет берут верховой откос.

6.2. 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 [31].

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 5 м с заложением откосов 1:1,5;

- выемка глубиной от 5 до 12 м с заложением откосов 1:1,5.

На снегозаносимых 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. Проектные данные изображаются красным цветом.

Принципиальные схемы типовых поперечных профилей приведены на рис. 6.1 и 6.2. Образец оформления чертежей поперечных профилей по требованиям ГОСТ [10] приведен в прил. 5.

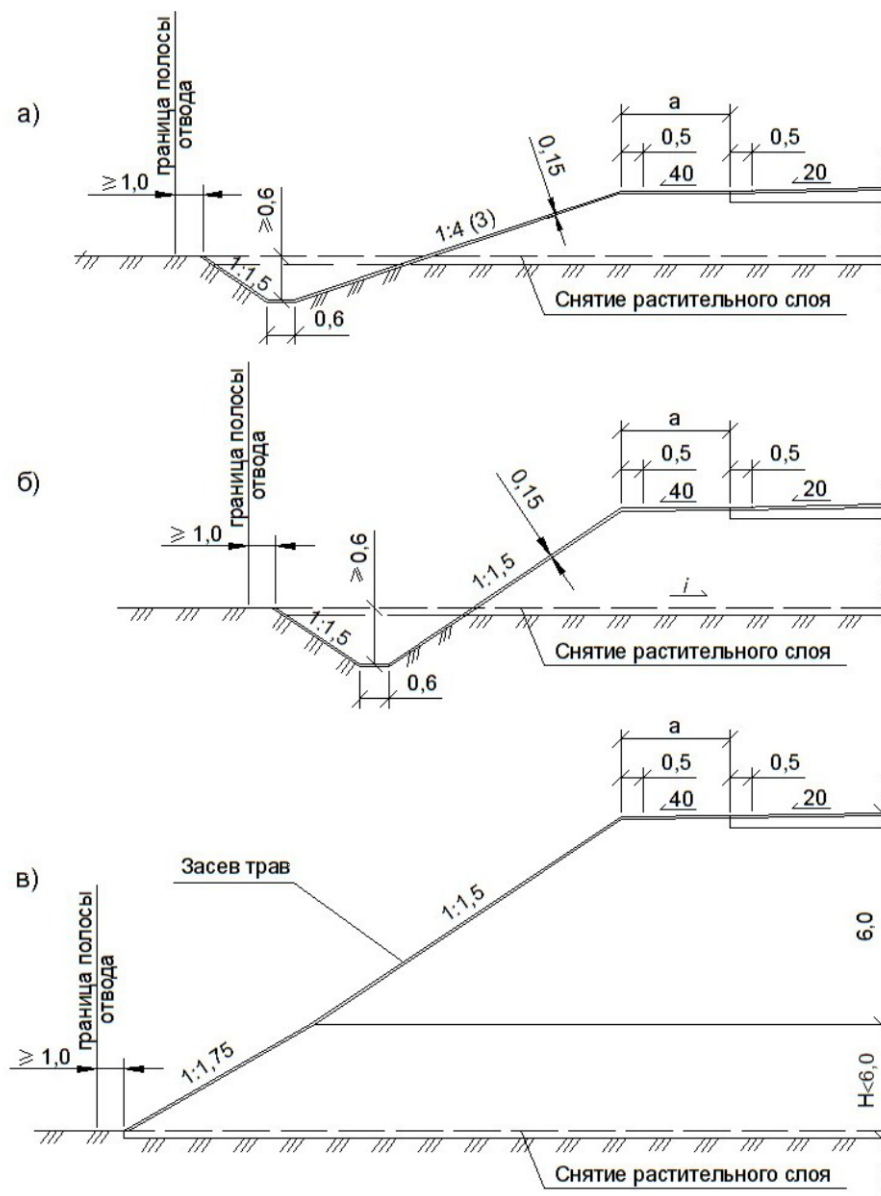


Рис. 6.1. Типовые поперечные профили [20, 31, 34, 35]: а) насыпь высотой до 1,5 м с откосами заложением 1:4 и двусторонними канавами; б) насыпь высотой от 3 до 6 м с откосами заложением 1:1,5 с канавами в местах с необеспеченным стоком; в) насыпь высотой от 6 до 12 м с равнопрочными откосами: сверху на высоту 6 м заложение откоса 1:1,5; в нижней части насыпи – 1:1,75

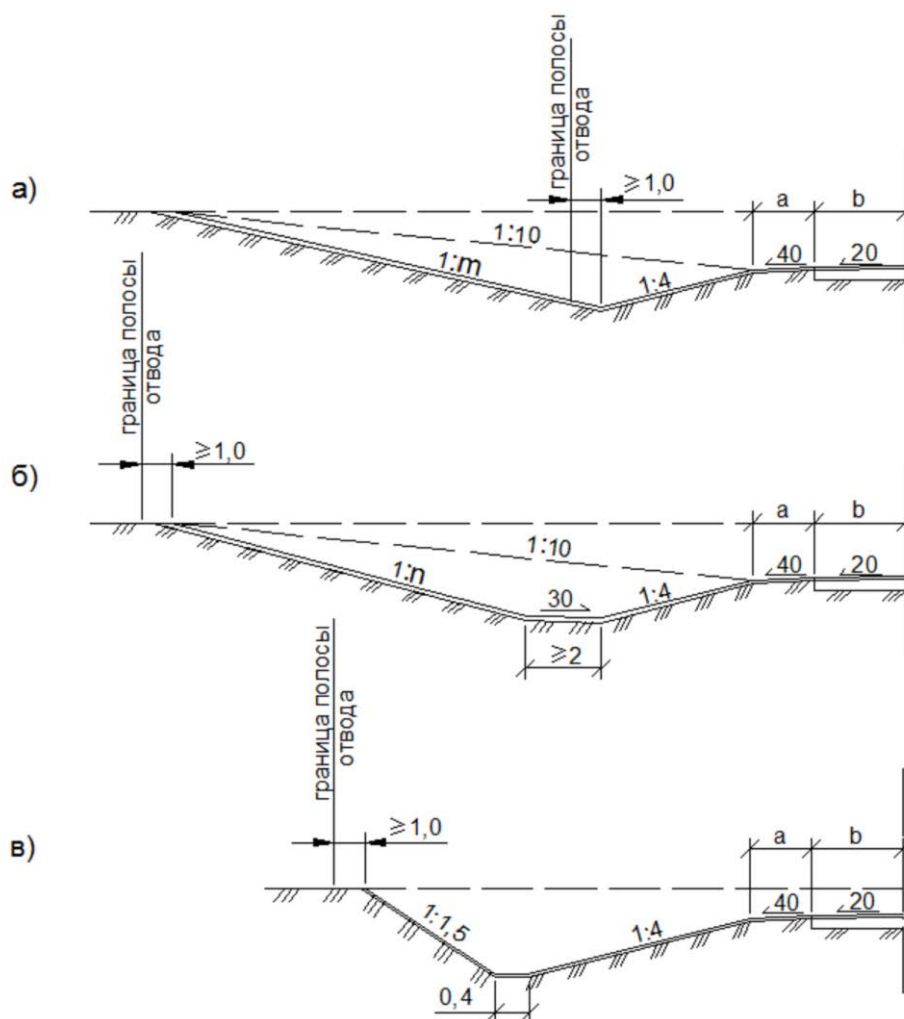


Рис. 6.2. Принципиальные схемы поперечных профилей выемок [20, 31, 34, 35]:
 а) раскрытая выемка; б) выемка, разделанная под насыпь;
 в) снегонезаносимая выемка глубиной до 6 м

6.3. Проектирование отгона виража

Вираж – односкатный поперечный профиль проезжей части, проектируемый на горизонтальных круговых кривых радиусом менее 3000 м для дорог I категории и радиусом менее 2000 м для дорог остальных категорий [3, 4, 20, 23, 24, 26, 34, 35]. Поперечный уклон проезжей части на вираже направлен внутрь кривой.

На подходах к виражу обеспечивается **отгон виража** – плавный переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части к односкатному или от односкатного к двухскатному [3, 4, 20, 23, 24, 26, 34, 35]. Обычно отгон виража устраивается на переходной кривой, а при ее отсутствии – на прямом в плане участке дороге. Схема элемента виража и отгонов приведена на рис. 6.3.

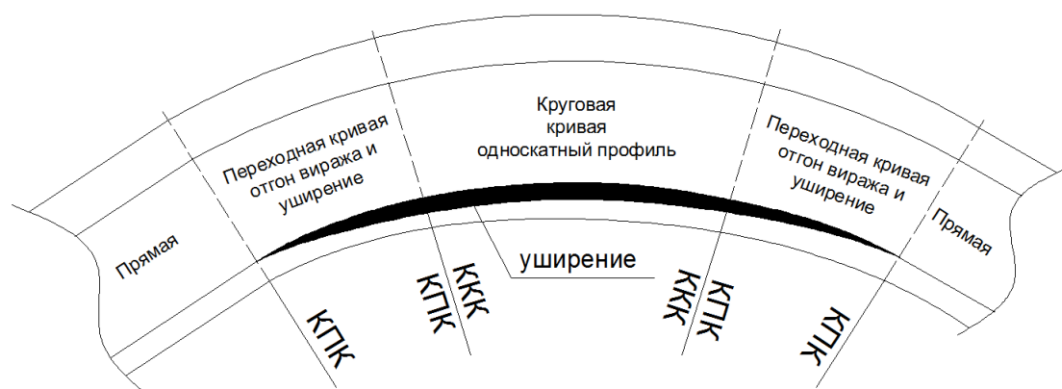


Рис. 6.3. Схема элементов виража и отгонов виража на горизонтальной кривой [26]

Поперечный уклон проезжей части следует назначать в соответствии с табл. 6.3.

Таблица 6.3

Поперечный уклон проезжей части двускатных автомобильных дорог [30]

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, укрепленных 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. 6.4 представлены требования СП [30] к поперечным уклонам проезжей части на виражах.

Таблица 6.4

Поперечный уклон на виражах [30]

Радиусы кривых в плане, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, %		
	основной, наиболее распространенный		в районах с частым гололедом
	на дорогах I-V категорий	на подъездных дорогах к промышленным предприятиям	
От 3000 до 1000 для дорог III категории	20-30	-	20-30
От 2000 до 1000 для дорог II-V категорий	20-30	-	20-30
От 1000 до 800	30-40	-	30-40
От 800 до 700	30-40	20	30-40
От 700 до 650	40-50	20	40
От 650 до 600	50-60	20	40
От 600 до 500	60	20-30	40
От 500 до 450	60	30-40	40
От 450 до 400	60	40-60	40
От 400 и менее	60	60	40

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

Поперечный уклон виража может быть определен из выражения:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_g)};$$

$$i_g = \frac{V^2}{127 \times R} - \mu, \quad (6.1)$$

где i_g – поперечный уклон виража; V – расчетная скорость, км/ч; R – радиус круговой кривой, в пределах которой устраивается вираж; μ – коэффициент поперечной силы;

Конструирование виража включает в себя три части: среднюю, на круговой кривой малого радиуса с односкатным уклоном, равным уклону виража в сторону центра кривой, и двух переходных частей: от двухскатного профиля на прямой к односкатному в средней части и наоборот, от односкатного к двухскатному (рис.6.4). Отгон виража осуществляют вращением внешней половины поперечного профиля проезжей части вокруг оси дороги, а после того, как будет достигнут односкатный профиль с поперечным уклоном, равным уклону при двухскатном профиле, производят вращение вокруг внутренней кромки проезжей части до получения необходимой величины поперечного уклона на вираже [26].

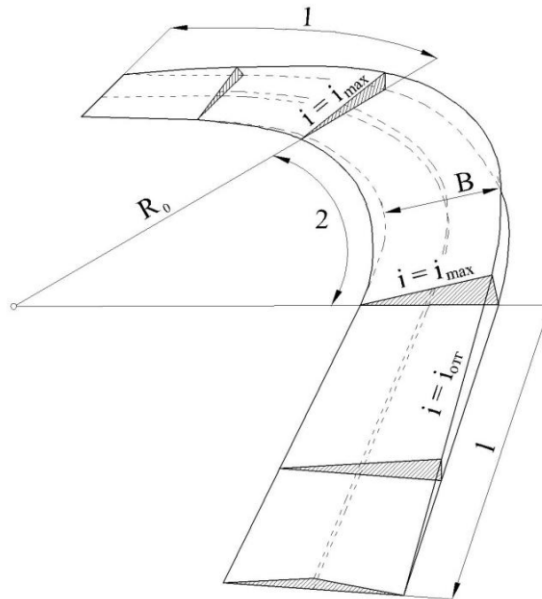


Рис. 6.4. Общий вид кривой с устройством виража [26]:
1 – отгон виража в пределах переходной кривой; 2 – круговая кривая

Для участка кривой с продольным уклоном $i_{\text{прод}}$, общий уклон по кромке определяется:

$$i_{\text{кр}} = i_{\text{прод}} + i_{\text{дон}} = i_{\text{прод}} + \frac{b \times i_e}{L}, \quad (6.2)$$

где b – ширина проезжей части, L – длина отгона виража, $i_{e\text{в}}$ – поперечный уклон на вираже.

Минимальная длина отгона виража $L_{\text{отг}}$ определяется по формуле:

$$L_{\text{отг}} = \frac{b \times i_e}{i_{\text{дон}}}, \quad (6.3)$$

где $i_{\text{дон}}$ – 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_e – поперечный уклон проезжей части на вираже.

Если по формуле 6.3 длина отгона виража получается больше длины переходной кривой, то длина последней должна быть увеличена, в противном случае длину отгона принимают равной длине переходной кривой.

В зависимости от величины уклона виража разбивка отгона проводится различными способами [20, 26, 34, 35]:

➤ 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.

6.3.1. Последовательность проектирования отгона виража

Проектирование отгона виража ведут в следующей последовательности [20, 26, 34, 35]:

1. Назначают длину отгона виража, равную длине переходной кривой, а при ее отсутствии перед началом круговой кривой выделяют ровный участок, равный длине переходной кривой в зависимости от ее радиуса.

$$L_{омг} = L_{ПК}, i_{омг} = \frac{b \times i_в}{L_{ПК}}, \quad (6.4)$$

где $i_{омг}$ – продольный уклон наружной кромки проезжей части в пределах отгона виража; $L_{ПК}$ – длина переходной кривой;

Высота кромок и оси проезжей части относительно бровок земляного полотна вычисляется (рис. 6.5):

$$h_1 = a \times i_2, h_2 = a \times i_2 + b/2 \times i_1 \quad (6.5)$$

где a – ширина обочин, м; i_2 – поперечный уклон обочины, ‰; i_1 – поперечный уклон проезжей части, ‰; $b/2$ – ширина полосы движения, м (с учетом краевой укрепленной полосы).

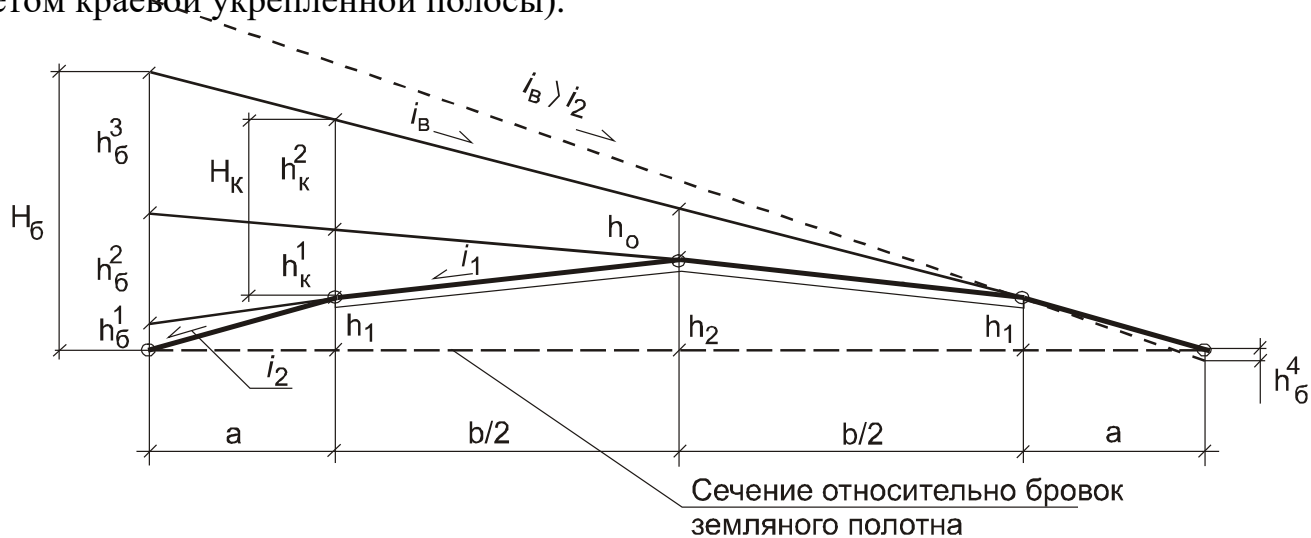


Рис. 6.5. Схема отгона виража в поперечном профиле

2. До начала отгона виража поперечный уклон обочин приводят к уклону проезжей части на протяжении 10 м (рис.6.5). При этом бровку поднимают на высоту:

$$h_б^I = a \times (i_2 - i_1) \quad (6.6)$$

3. Внешняя полоса проезжей части и обочина вращением вокруг оси дороги поднимаются до тех пор, пока будет достигнут уклон внутренней

полосы проезжей части. Внешняя кромка проезжей части поднимается на высоту:

$$h_{\kappa}^1 = b / 2 \times (i_1 + i_1) \quad (6.7)$$

Расстояние, на котором внешняя полоса проезжей части принимает уклон внутренней полосы, будет равно:

$$l_1 = h_{\kappa}^1 / i_{омг} \quad (6.8)$$

внешняя бровка земляного полотна поднимается на высоту:

$$h_{\sigma}^2 = (a + b / 2) \times (i_1 + i_1) \quad (6.9)$$

4. Увеличивается уклон односкатного поперечного профиля дороги за счет вращения вокруг внутренней кромки проезжей части до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уклон виража. При этом внешняя кромка проезжей части поднимается на высоту:

$$h_{\kappa}^2 = b \times (i_{\sigma} - i_1) \quad (6.10)$$

внешняя бровка (h_{σ}^3) и ось проезжей части (h_0) - на высоту:

$$h_{\sigma}^3 = (a + b) \times (i_{\sigma} - i_1), \quad h_0 = b / 2 \times (i_{\sigma} - i_1). \quad (6.11)$$

В том случае, если уклон виража больше уклона обочины ($i_{\sigma} > i_2$), внутренняя бровка опустится на:

$$h_{\sigma}^4 = a \times (i_{\sigma} - i_2) \quad (6.12)$$

расстояние, на котором может опускаться внутренняя бровка земляного полотна:

$$l_2 = h_{\sigma}^4 / i_{дон} \quad (6.13)$$

Полные превышения характерных точек поперечного профиля в конце отгона виража вычисляются:

для оси: $H_0 = h_0$,

для внешней кромки: $H_{\kappa} = h_{\kappa}^1 + h_{\kappa}^2$,

для внешней бровки земляного полотна: $H_{\sigma} = h_{\sigma}^1 + h_{\sigma}^2 + h_{\sigma}^3$.

Продольные уклоны, с которыми поднимается в пределах отгона вираж:

- внешняя кромка проезжей части: $i_3 = H_{\kappa} / L_{омг}$,

- внешняя бровка земляного полотна: $i_4 = H_{\sigma} / L_{омг}$,

- ось проезжей части: $i_0 = H_0 / (L_{омг} - l_1)$.

5. Вся длина отгона виража $L_{омг}$ делится на несколько равных участков по 10 - 20 м, для каждого сечения определяются превышения характерных точек поперечного профиля (бровок земляного полотна, кромок проезжей части и оси дороги) относительно нулевого сечения.

6. Превышения всех характерных точек вычисляют для каждого промежуточного сечения в соответствии с поперечным уклоном в данном сечении и заносятся в табл. 6.5.

Полученные превышения используют при определении истинных проектных отметок на каждом поперечнике путем суммирования или вычитания их с отметками в зависимости от положения точек поперечника относительно внутренней кромки проезжей части, а также для построения продольных профилей характерных точек на длине отгона виража (рис.6.6).

Таблица 6.5

Расчет превышений над уровнем бровки

Номера сечений	Пикет, +	Расстояние от начала отгона виража, м	Превышение над уровнем бровки, м				
			Внешняя		Ось	Внутренняя	
			Бровка	Кромка		Кромка	Бровка

Если в пределах кривой присутствует продольный уклон, то предварительно определяют отметки внутренней кромки на всех поперечниках с учетом продольного уклона. Затем истинные абсолютные отметки получают путем суммирования отметок внутренней кромки с превышениями для всех характерных точек поперечников, а результаты расчета записывают в табл. 6.6.

Таблица 6.6

Расчет абсолютных отметок отгона виража

Номера сечений	ПК +	Отметка бровки без учета виража (абсолютная), м	Абсолютные отметки точек, м				Величина уширения проезжей части, м	
			Внешняя		Ось	Внутренняя		
			Бровка	Кромка		Кромка		Бровка

Примечание: при устройстве отгона виража на дорогах I технической категории вращение следует вести не вокруг внутренней кромки проезжей части, а вокруг оси дороги.

7. Пикетажное положение поперечников при разбивке отгона виража определяют следующим образом.

Начало отгона виража соответствует началу закругления. Пикетажное положение начала закругления (НЗ) принимают из ведомости прямых, кривых и углов поворота. Затем отступают от НЗ на 10 м и определяют пикетажное положение нулевого поперечника. Пикетажное положение каждого из назначенных поперечников определяют по расстояниям между ними.

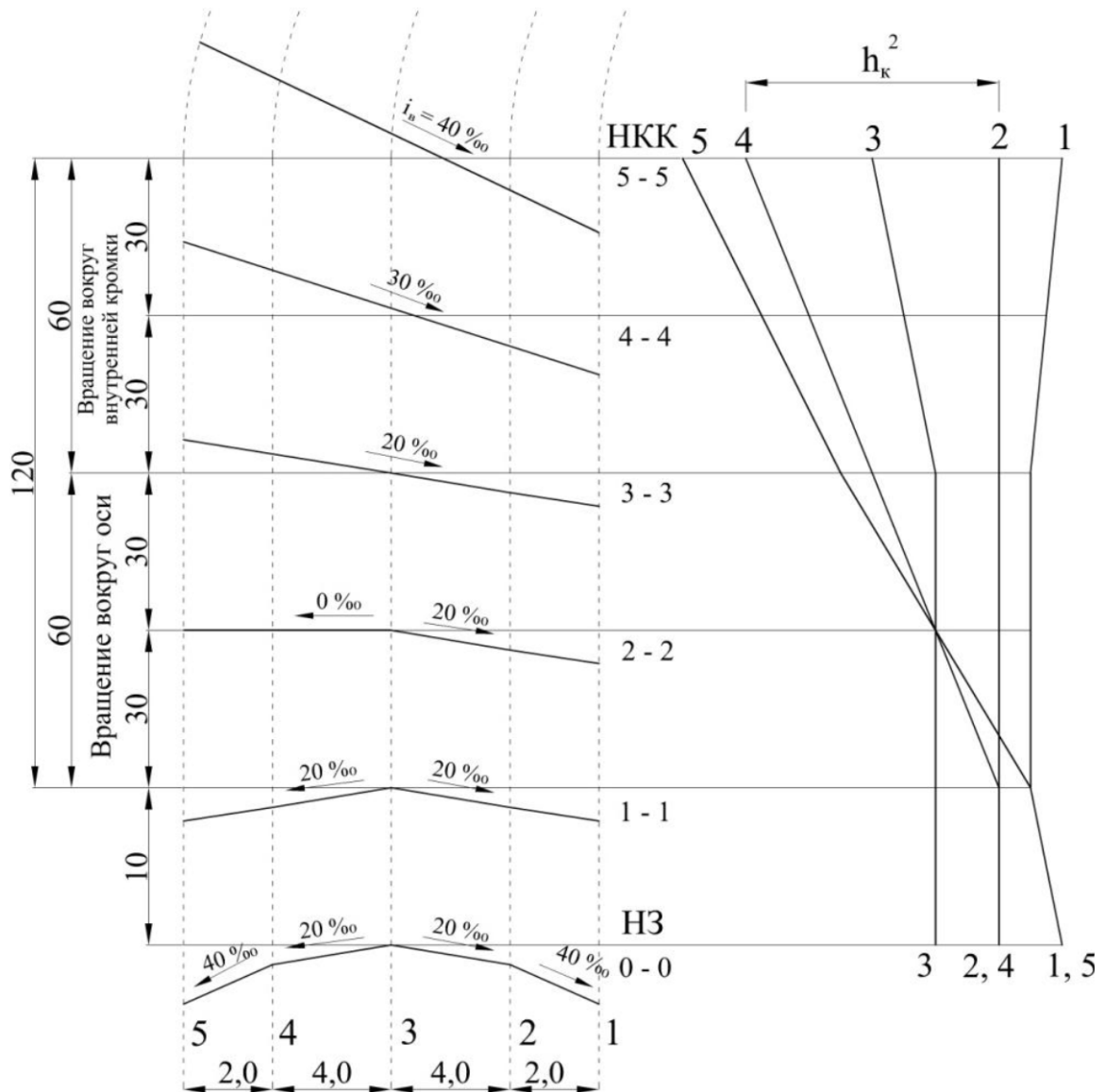


Рис. 6.6. Схема разбивки отгона виража по сечениям [26]

6.3.2. Уширения проезжей части на кривых малого радиуса.

При движении автомобиля по кривой в плане каждое его колесо движется по самостоятельной траектории, в результате чего занимаемая автомобилем полоса движения увеличивается. Чтобы условия движения автомобиля по кривой были аналогичны условиям движения на прямом участке, проезжую часть на кривых необходимо уширять [26].

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. 6.7. 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. 6.7). Основным способом является отвод уширения пропорционально длине переходной кривой, а при ее отсутствии - по прямой. Однако при этом в точках А и D кромка проезжей части имеет перелом, что негативно сказывается на восприятии плавности дороги (рис. 6.7 а). Чтобы исключить этот недостаток, пользуются другим способом отвода уширения - по касательной к кромке проезжей части на круговой кривой (рис.6.7 б). При этом получается более плавное сопряжение, но при этом длина участка с полным уширением сокращается на величину d.

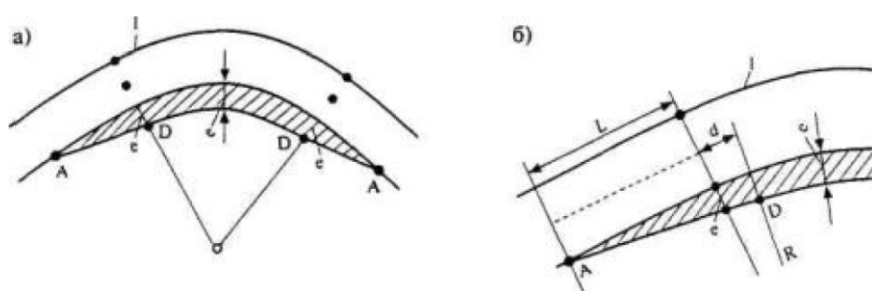


Рис. 6.7. Схемы устройства уширения на отгонах виражей [26]

Необходимое уширение проезжей части можно рассчитать из условия безопасности движения по формуле:

$$l = \frac{l_1^2}{2 \times R} + \frac{0,05 \times V}{\sqrt{R}}, \quad (6.14)$$

где l_1 - расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобиля или автопоезда, м; R – радиус кривой в плане, м; V – расчетная скорость движения автомобиля для данной категории дороги, км/ч.

СП [30] рекомендуют при радиусах кривых в плане 1000 м и менее предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны за счет обочин, при условии, чтобы ширина обочин была не менее 1,5 м для дорог I и II категорий и не менее 1 м для дорог остальных категорий. Величины полного уширения двухполосной проезжей части дорог на закруглениях следует принимать по табл.6.7.

При недостаточной ширине обочин для размещения уширений проезжей части с соблюдением этих условий необходимо предусматривать соответствующее уширение земляного полотна. Уширение проезжей части следует выполнять пропорционально расстоянию от начала переходной кривой так, чтобы величины полного уширения были достигнуты к началу круговой кривой.

Полное уширение двухполосной проезжей части [30]

Радиусы кривых в плане, м	Величина уширения, м, для автомобилей и автопоездов с расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобиля или автопоезда, м			
	автомобилей 7 и менее, автопоездов - 11 и менее	13	15	18
1000	-	-	-	0,4
850	-	0,4	0,4	0,5
650	0,4	0,5	0,5	0,7
575	0,5	0,6	0,6	0,8
425	0,5	0,7	0,7	0,9
325	0,6	0,8	0,9	1,1
225	0,8	1,0	1,0	1,5

Вопросы для самоконтроля

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. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ускорить процесс проектирования, улучшить качество проектов и снизить стоимость строительства позволяют системы автоматизированного проектирования (САПР-АД). Современные программные продукты обеспечивают комплексную автоматизацию процессов изысканий и проектирования транспортных сооружений и сохранений результатов в едином электронном пространстве. На стадии проектирования САПР-АД позволяют получить оптимальные проектные решения отдельных элементов и всей дороги в целом, подготовить и выпустить проектную документацию в соответствии с требованиями нормативных документов.

Сегодня на рынке присутствует достаточное количество систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР-АД). Доминирующими в дорожных проектных организациях являются КРЕДО Дороги (Кредо-Диалог, г. Минск), Топоматик Робур – Автомобильные дороги

(Топоматик, г. Санкт-Петербург), IndorCAD/Road (ИндорСофт, г. Томск) и Autodesk Civil 3D (Autodesk, США). Все они обладают необходимым функционалом для подготовки полного цикла проектной документации от обработки материалов изысканий до подготовки чертежей [1, 2, 22, 28].

Все системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог имеют похожую структуру и предлагают одинаковую технологию проектированию, основанную на следующих положениях:

1. Наличие информации о рельефе, ситуации и геологическом строении местности в виде цифровой модели местности.
2. Соблюдение технологической последовательности основных этапов проектирования:
 - получение цифровых моделей рельефа, ситуации,
 - проектирование вариантов плана трассы на основе цифровой модели местности,
 - проектирование водопропускных сооружений,
 - определение основных проектных решений по транспортным развязкам, мостам, путепроводам через железные дороги и т.д.
 - проектирование дорожной одежды,
 - проектирование продольного профиля,
 - проектирование земляного полотна и дорожного водоотвода,
 - оценка проектных решений и воздействия дороги на окружающую среду,
 - проектирование элементов инженерного обустройства,
 - оценка экономической эффективности проектных решений,
 - оформление проектной документации по объекту проектирования.
3. Автоматизация расчетных, чертежно-графических работ, получение результатов в табличном виде на всех этапах проектирования.
4. Системное использование всех средств обеспечения САПР.
5. Диалоговый режим взаимодействия инженера-проектировщика с компьютером в процессе разработки проекта.
6. Оптимизация принятых проектных решений.
7. Оценка проектных решений по комплексу технико-экономических показателей.
8. Поиск коллизий и корректировка проектных решений.

При проектировании автомобильных дорог с использованием САПР АД соблюдаются определенные правила, аналогичные при традиционном проектировании:

1. Учитывают технические нормативы на проектирование.
2. Варианты дороги трассируют по кратчайшему направлению между заданными пунктами.

3. При проектировании учитывают природные условия, ситуацию и ландшафт. Соблюдают правила пересечения крупных водотоков.
4. Контролируют прохождение проектной линии через контрольные точки.
5. Обеспечивают минимальные объемы земляных работ и рациональное распределение масс.
6. Ограничивают длину участков с предельно допустимыми уклонами.
7. Ограничивают минимальные длины вертикальных кривых одного знака.
8. Обеспечивают зрительную плавность трассы, удобства и безопасности движения.

На рис. 7.1 представлен вариант проложения трассы автомобильной дороги в программном комплексе Civil 3D. Стиль отображения элементов оформления трассы настраивается пользователем [28].

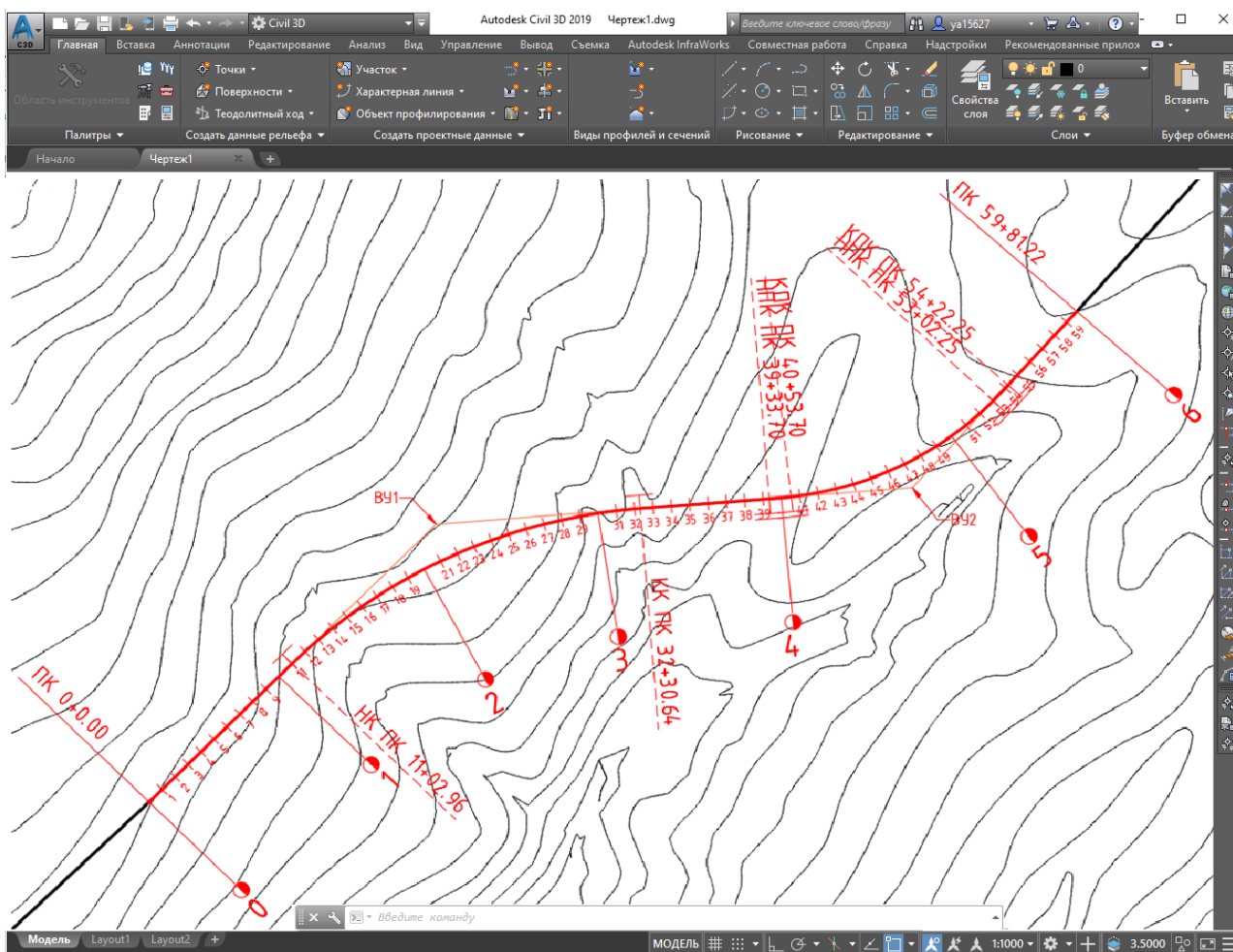


Рис. 7.1. Трасса автомобильной дороги, запроектированная в программном комплексе Civil 3D

САПР АД позволяют формировать различные ведомости по объекту проектирования чаще всего в формате .xml. Ведомость углов поворотов,

прямых и кривых, полученная по результатам проектирования оси трассы, приведена на рис. П. 5.1 Приложения 5.

Проектирование продольного профиля – один из наиболее ответственных и сложных этапов проектирования автомобильных дорог. На положение проектной линии продольного профиля влияет большое количество факторов и условий. Автоматизированное проектирование продольного профиля с использованием оптимизирующих алгоритмов исключает субъективный фактор, оказывающий влияние на отклонения от оптимального положения проектной оси, и связанную с ним неоднозначность проектных решений при одной и той же исходной информации.

На рис. 7.2 приведен проектный профиль, запроектированный с использованием программных средств CREDO III методом оптимизации [2, 22].

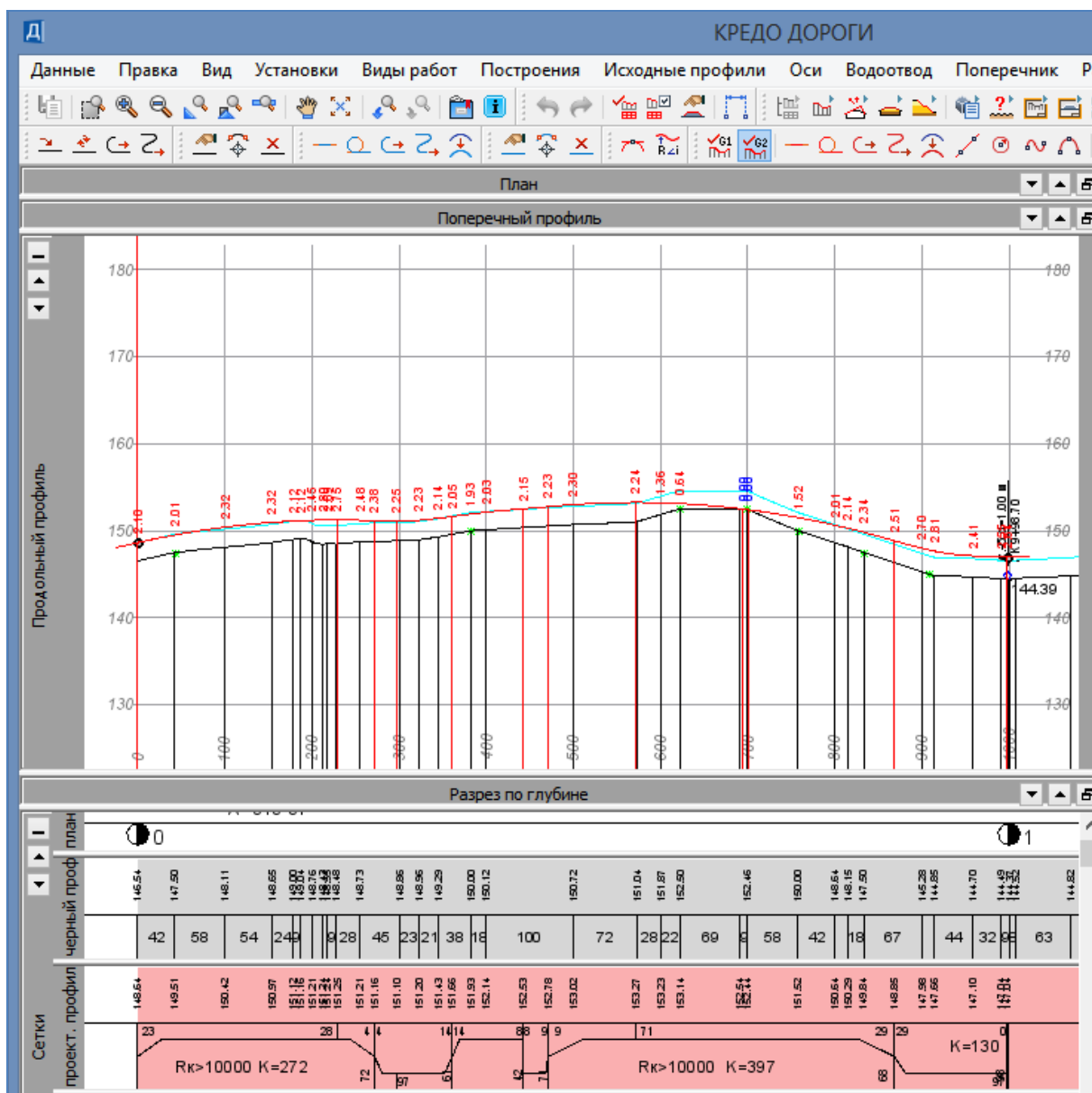


Рис. 7.2. Результат проектирования Проектного профиля методом оптимизации в программе CREDO Дороги.

Современные САПР АД позволяют создавать проектные модели транспортных сооружений практически неограниченной сложности с высокой степенью проработки и достоверности. На рис. 7.3 представлен модель транспортного сооружения, запроектированная в CREDO Дороги [2, 22].

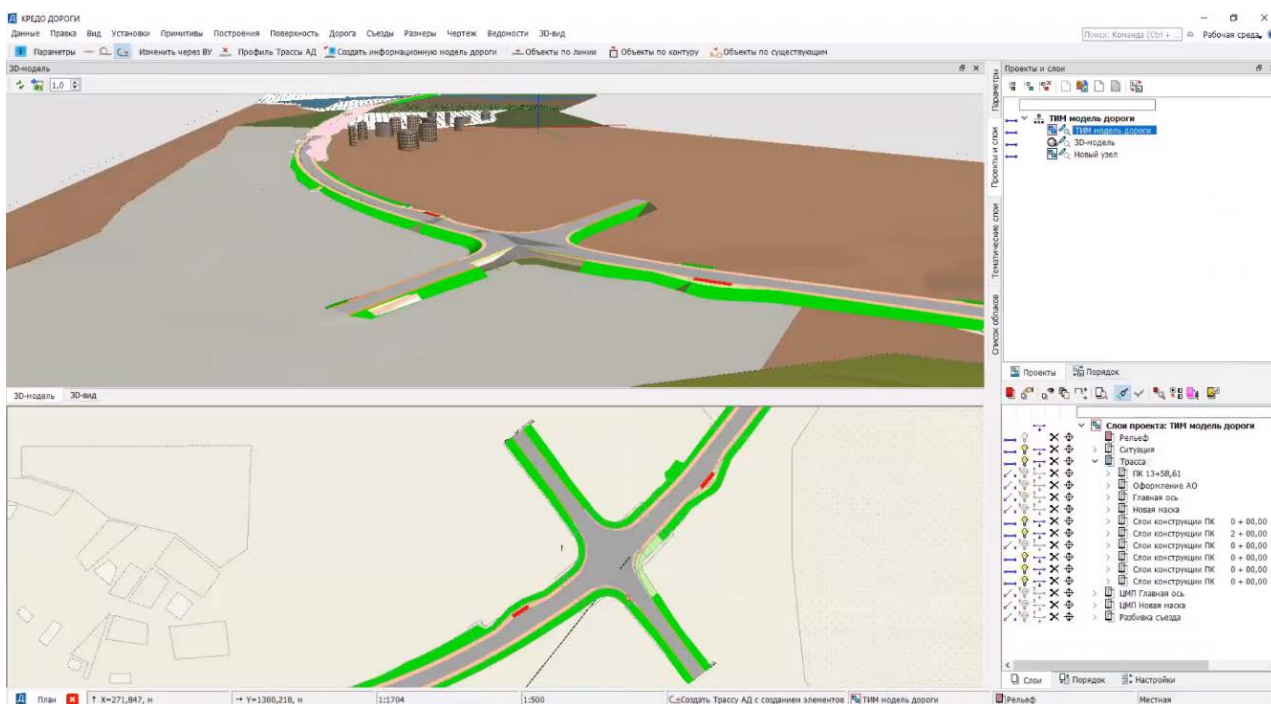


Рис. 7.3. Модель участка автомобильной дороги в CREDO Дороги

Важно, что проектные модели, полученные в САПР АД позволяют получить не только необходимые чертежи и ведомости, но и оценить проектные решения по ряду показателей. Например, объем работ, объем инвестиций, видимость в плане и продольном профиле, объем водосборного бассейна и расход воды, визуальное восприятие проектного решения, безопасность движения и другие. Более того проектную модель можно передавать на следующие этапы жизненного цикла с возможностью дальнейшей проработки и детализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие ориентировано на освоение принципов трассирования и вариантного проектирования автомобильных дорог. Основные разделы пособия посвящены технологии проектирования плана трассы, методам нанесения проектной линии продольного профиля, проектированию поперечных профилей и дополнительных устройств на кривых малого радиуса. Учебное пособие включает в себя вопросы по техническим требованиям к автомобильным дорогам, рекомендации по последовательности выполнения расчетов, справочные материалы, примеры и образцы оформления чертежей.

Освоение принципов трассирования и вариантного проектирования автомобильных дорог способствует формированию общепрофессиональных

компетенций, в частности способность участвовать в инженерных изысканиях и обработке их результатов, проектировании объектов транспортного строительства, подготовке проектной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог с использованием программного комплекса Топоматик Robur – Автомобильные дороги: лабораторный практикум / Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, Ю.В. Бакланов, Н.Ю. Алимова, К.В. Панферов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. — 91 с.
2. Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум / Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, К.В. Панферов, Н.Ю. Алимова, Ю.В. Бакланов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. — 116 с.
3. Автомобильные дороги: примеры проектирования [Текст] : учеб. Пособие для вузов / под ред. В.С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983. – 303 с.
4. Ганьшин, В. Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых [Текст] : / В. Н. Ганьшин, Л. С. Хренов . – 5-е изд., перераб. И доп. – М. : Недра , 1985 . – 430 с.
5. ГОСТ 21.1101-2013. СПДС. Основные требования к проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации [Текст] : – Введ. 30.12.2013, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 2385-ст. – М.: Стандартиформ, 2015. – 32 с.
6. ГОСТ 21.204-93. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта [Текст] : - Введ. 01.09.1994, постановление Госстроя России № 18-27. – М: Изд-во стандартов, 2003. – 23 с.
7. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока [Текст] : – Введ. 08.09.2016, приказ Фед. Агентство по техн. Регул. И метр. №997-ст. – М.: Стандартиформ, 2016. – 22 с.
8. ГОСТ 33475-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования [Текст] : – Введ. 08.09.2016, приказ. Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 1008-ст. – М.: Стандартиформ. 2016. –11 с.
9. ГОСТ Р 21.101-2020. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. – Введ. 01.01.2021, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 282-ст. – М.: Стандартиформ, 2020. – 69 с.
10. ГОСТ Р 21.207-2013. СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.01.2015, приказ. Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 2315-ст. – М.: Стандартиформ. 2015. –21 с.
11. ГОСТ Р 21.701-2013. СПДС. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.01.2015, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 2380-ст. – М.: Стандартиформ. 2014. –35 с.

12. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 296-ст. – М.: Стандартиформ. 2006. – 3 с.
13. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 297-ст. – М.: Стандартиформ. 2006. – 7 с.
14. Ксенодоров, В.И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог [Текст] : справочник / В.И. Ксенодоров. – М.: Транспорт, 1981. – 431 с.
15. Методические рекомендации по определению климатических характеристик при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов [Текст] : - Введ. 31.03.1988, протокол Гипродорнии №3.– М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1988. – 46 с.
16. Митин, Н.А. Таблицы для подсчета объемов земляного полотна автомобильных дорог [Текст] : таблицы / Н.А. Митин. – М.: Транспорт, 1977 – 544 с.
17. Митин, Н.А. Таблицы для разбивки горизонтальных и вертикальных круго-вых кривых и закруглений с переходными кривыми на автомобильных дорогах [Текст] : таблицы / Н.А. Митин. – М.: Недра, 1978. – 469 с.
18. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 15 октября 2020 года) [Текст]: - Введ. 12.11.2007, Федеральный закон от 08.11.2007 N 257-ФЗ.
19. Об утверждении Правил присвоения автомобильным дорогам идентификационных номеров [Текст]: - Введ. 07.02.2007, приказ Минтранса России от 07.02.2007 N 16.
20. Основы проектирования автомобильных дорог [Текст] : учебное пособие / И.А. Рахимова. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 121 с.
21. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 декабря 2020 года) : – Введ. 04.03.2008, постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 №87. – М.: – 47 с.
22. Построение цифровых моделей местности с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум/ Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, К.В. Панферов, Н.Ю. Алимова, Ю.В. Бакланов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. — 85 с.
23. Проектирование автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том 5. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : - Г.А. Федотов, П.И. Поспелов, Э.К. Кузахметова, В.Д. Казарновский и др.; под ред. Д-ра.техн.наук, проф. Г.А. Федотова, д-ра.техн.наук, проф. П.И. Поспелова, - М.: Информавтодор, 2007. – 668 с.
24. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.

25. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах [Текст] : Описание и таблицы / Н.М. Антонов, Н.А. Боровков, Н.Я. Бычков и др. – М.: Транспорт, 1968. – 200 с.

26. Разбивка виражей, уширения проезжей части, горизонтальных кривых, пересечений и примыканий [Текст] : пособие для мастеров и производителей работ дорожных организаций : Введ. 19.10.2001, МАДИ – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 152 с.

27. Развитие транспортной системы [Электронный ресурс] : Государственная программа РФ – Введ. 28.12.2012, распоряжение правительства РФ от 28.12.2012 № 2600-р. – URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293785/4293785961.pdf> (дата обращения 20.04.2021).

28. Самодурова, Т.В. Геометрическое и пространственное моделирование транспортных сооружений с использованием программных средств CIVIL 3D: лабораторный практикум / Т.В. Самодурова, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. — 79 с.

29. СП 131.13330.2012. Строительная климатология [Текст] : – Введ. 01.01.2013, приказ Минрегиона России № 257. – М.: Минстрой России. 2015. – 119 с.

30. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги [Текст] : – Введ. 01.07.2013, приказ Минрегиона России № 226. – М.: Госстрой России. 2013. – 107с.

31. Типовые проектные решения. 503-0-48.87. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования [Текст] : – Введ. 30.03.1987, распор. Минтрансстроя СССР №7. – М.: Союздорпроект. 1987. –55 с.

32. Транспорт. Основные итоги работы транспорта [Электронный ресурс] : - М.: Федеральная служба государственной статистики, 2020. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения 20.04.2021).

33. Транспортная стратегия развития до 2030 года [Электронный ресурс] : - Введ. 22.11.2008, распоряжение правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. – URL: <https://docplan.ru/cgi-bin/ecat/ecat.cgi?b=2&pid=1&i=4293747111&pr=1> (дата обращения 20.04.2021).

34. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 1 / Г. А. Федотов, П. И. Пospelов . – М. : Высш. Шк., 2011 . – 645 с.

35. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 2 / Г. А. Федотов, П. И. Пospelов . – М. : Высш. Шк. , 2011 . – 518 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Таблица П.1

Форма ведомости углов поворотов, прямых и кривых

Номера углов	Километры	Углы		Кривые					Прямые						
		Положение вершины, ПК+	Величина угла		Радиус R, м	Тенгенс Т, м	Кривая К, м	Биссектриса Б, м	Домер Д, м	Положение		Длины		Направление	
			вправо, градус	влево, градус						Начало кривой (НК), ПК+	Конец кривой (КК), ПК+	Прямая вставка Р, м	Расстояние между вершинами углов S, м	Дирекционный угол, градус	Румб, градус

Примечание: Размеры граф ведомости назначаются произвольно.

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Трасса: Трасса новая
Описание:
Начальный ПК: 0+00.00
Конечный ПК: 59+81.22

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых						Расстояние между	Длина прямой, м						
	км	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	круговая кривая	биссектриса	начало		конец		начало				конец					
						ПК						+	ПК	+	ПК	+	ПК			+					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
НТ	0	0	0																						
ВУ1	2	22	13,75	130° 14' 55.07"		3000,00	1110,80	1110,80	0,00	0,00	2127,68	199,04											2213,75	1102,96	
ВУ2	4	47	13,09		127° 19' 18.44"	1800,00	779,40	779,40	120,00	120,00	1248,56	138,75	39	33,70	40	53,70	53	2,25	54	22,25			2593,25	703,06	
КТ	5	59	81,22																					1338,36	558,97

Рис. П.1. Ведомость углов поворота, прямых и кривых, полученная с использованием систем автоматизированного проектирования

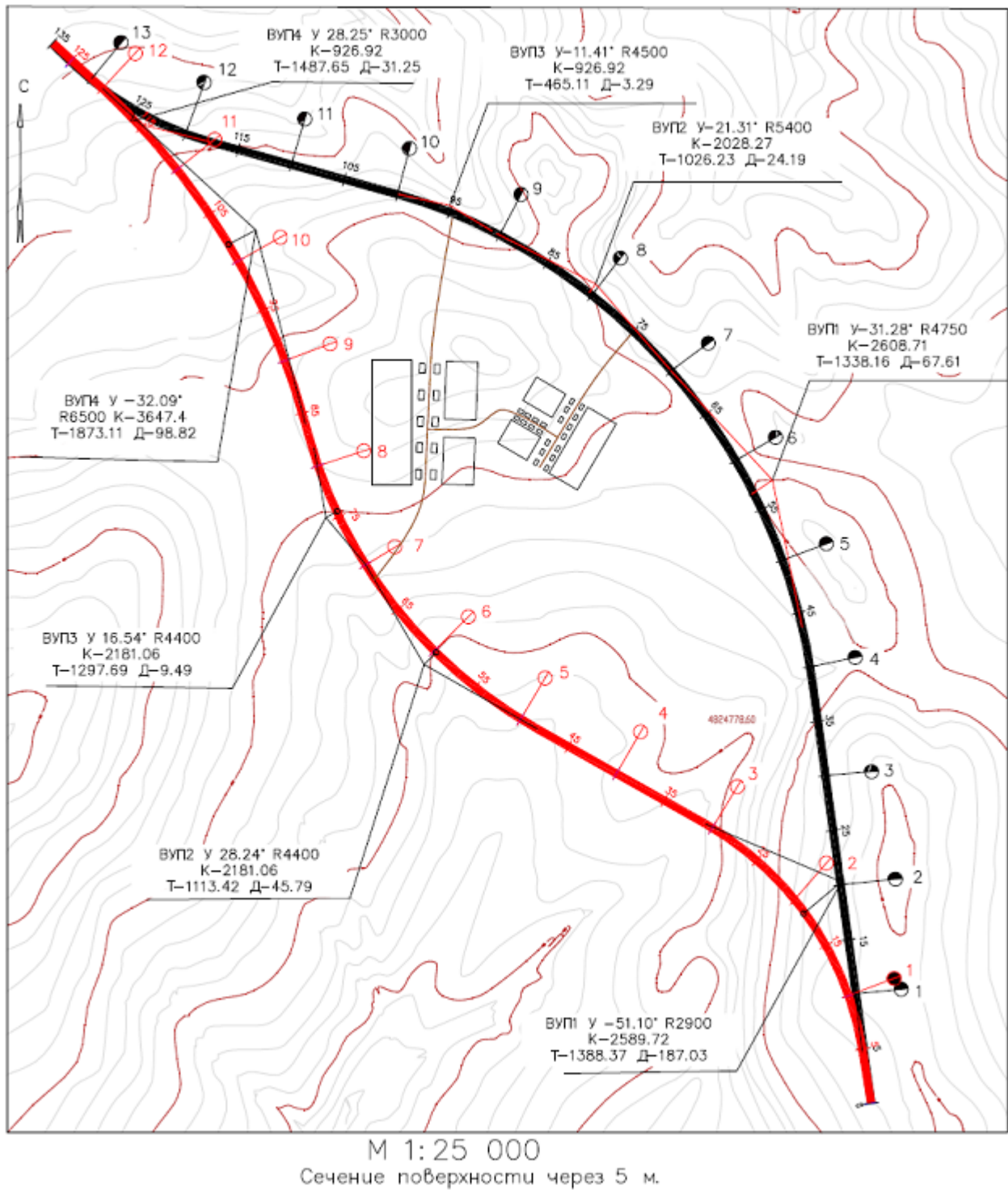


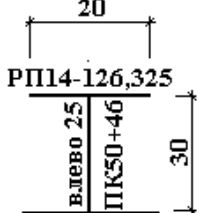
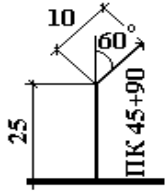

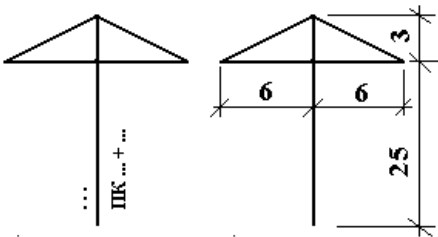
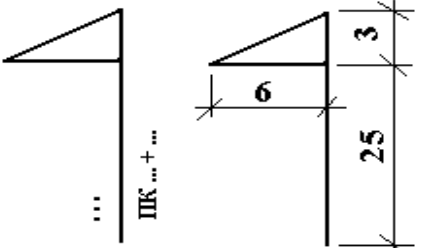
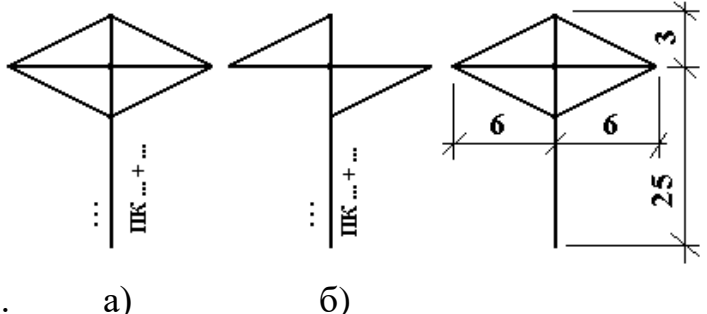
Рис. П.2. Пример оформления плана трассы автомобильной дороги

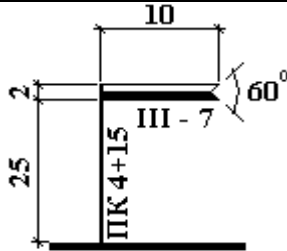

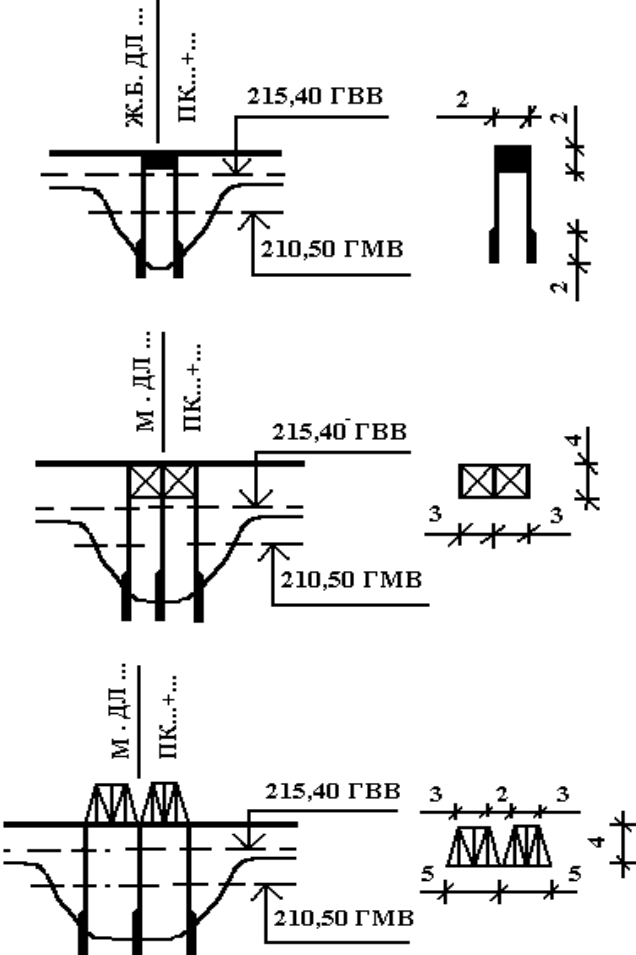
Условные графические изображения на планах транспортных сооружений

Наименование	Обозначения	
<p>7.□.□. Автомобильная дорога:</p> <p>а) с обозначением дороги или маршрута по поперечню автомобильных дорог</p> <p>б) с обозначением дорожного покрытия</p> <p><i>Примечание:</i> Цифрами указывают ширину дороги, буквами – материал покрытия</p> <p>в) с обозначением технической категории дороги</p>	а)	
	б)	
	в)	
<p>2. Километровый указатель проектируемой автодороги (по принятому варианту – красным)</p>		
<p>3. Километровый указатель существующей автодороги</p>		
<p>4. Точка (вершина) угла поворота</p>	<p>ВУ 12 2</p> 	
<p>5. Знак тангенса круговой кривой</p>		
<p>6. Знак тангенса переходной кривой</p>		
<p>7. Наземная инженерная сеть</p> <p>а) для металлических опор</p> <p>б) для железобетонных опор</p> <p>в) для анкеров – угловых опор</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p>	

<p>8. Высотный репер и его номер</p>	<p>РП 3 </p>
<p>9. Осевой столб и его положение по пикетажу</p>	<p>+ 64 </p>
<p>7.□.□. Швы покрытия :</p> <p>а) шов расширения б) шов сжатия в) шов ложный г) шов смещения д) шов у бордюра</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p>
<p>11. Граница участков строительства</p> <p><i>Примечание:</i> Римскими цифрами указывают номера участков. Слева от ординаты (выносной линии) указывают пикетажное положение</p>	
<p>12. Подкюветная дренажная сеть со смотровыми колодцами</p>	
<p>13. Дорожное ограждение</p>	
<p>14. Направляющее устройство (сигнальные столбики, тумбы)</p>	

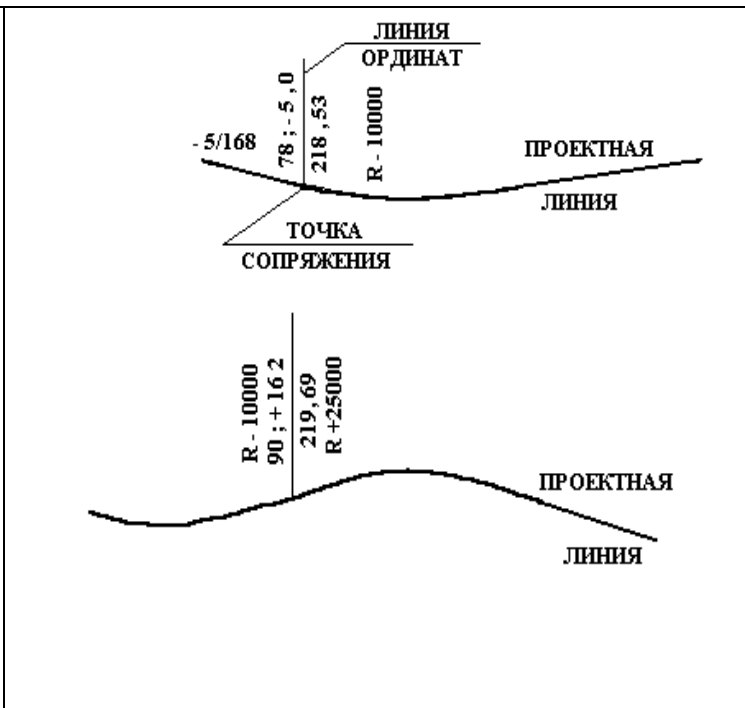
Условные графические изображения на продольном профиле
автомобильной дороги

Наименование	Обозначения
7.□.□. Репер	
2. Сброс воды	
3. Дренаж	
4.Пересечение автомобильных дорог	
5. Съезд или примыкание к автомобильной дороге	
6. Развязка автомобильных дорог в разных уровнях : а – на пересечении б – на примыкании	

<p>7. Железнодорожные переезды</p>	
<p>8. Труба а) круглая (железобетонная, бетонная или металлическая) б) прямоугольная железобетонная или бетонная</p>	
<p>9. Мостовой переход а) железобетонный б) металлический с ездой поверху в) металлический с ездой понизу</p>	

<p>10.Путепровод а)под проектируемой дорогой б)над проектируемой дорогой</p>	
<p>11.Мост пешеходный</p>	
<p>12.Прямолинейный участок <i>Примечание:</i> над линией указывают величину уклона, под линией – длину участка с этим уклоном</p>	
<p>13.Вертикальная кривая <i>Примечание:</i> 1.Вертикальные кривые показывают горизонтальной линией, ограниченной наклонными линиями, с указанием величин уклона, радиуса, длины кривой и местоположения точки с нулевым значением кривизны (стрелкой). 2. Если смежный участок прямолинейный величину уклона криволинейного участка не указывают.</p>	
<p>14.Кривые в плане а) криволинейный участок дороги при наличии переходной кривой б) то же, без переходных кривых <i>Примечание:</i> Криволинейные участки дороги в плане показывают горизонтальными линиями, смещёнными вверх при повороте дороги вправо и вниз – при повороте дороги влево. На кривой указывают величины угла поворота и радиуса закругления</p>	

15. 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 кривой)

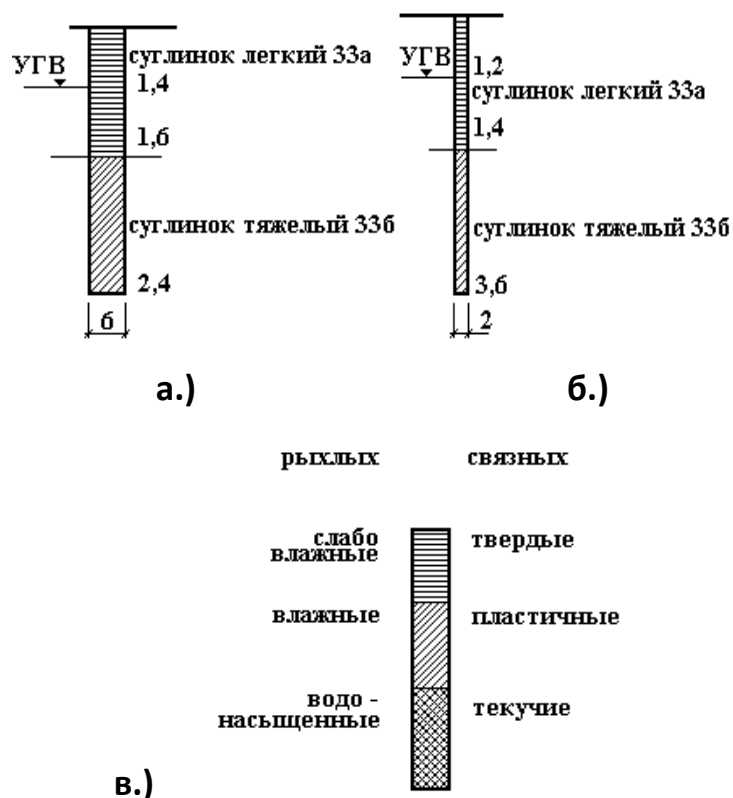


16. Обозначения грунтов

а) Шурфы

б) Скважины

в) Влажность и консистенция грунтов



ПРИЛОЖЕНИЕ 5

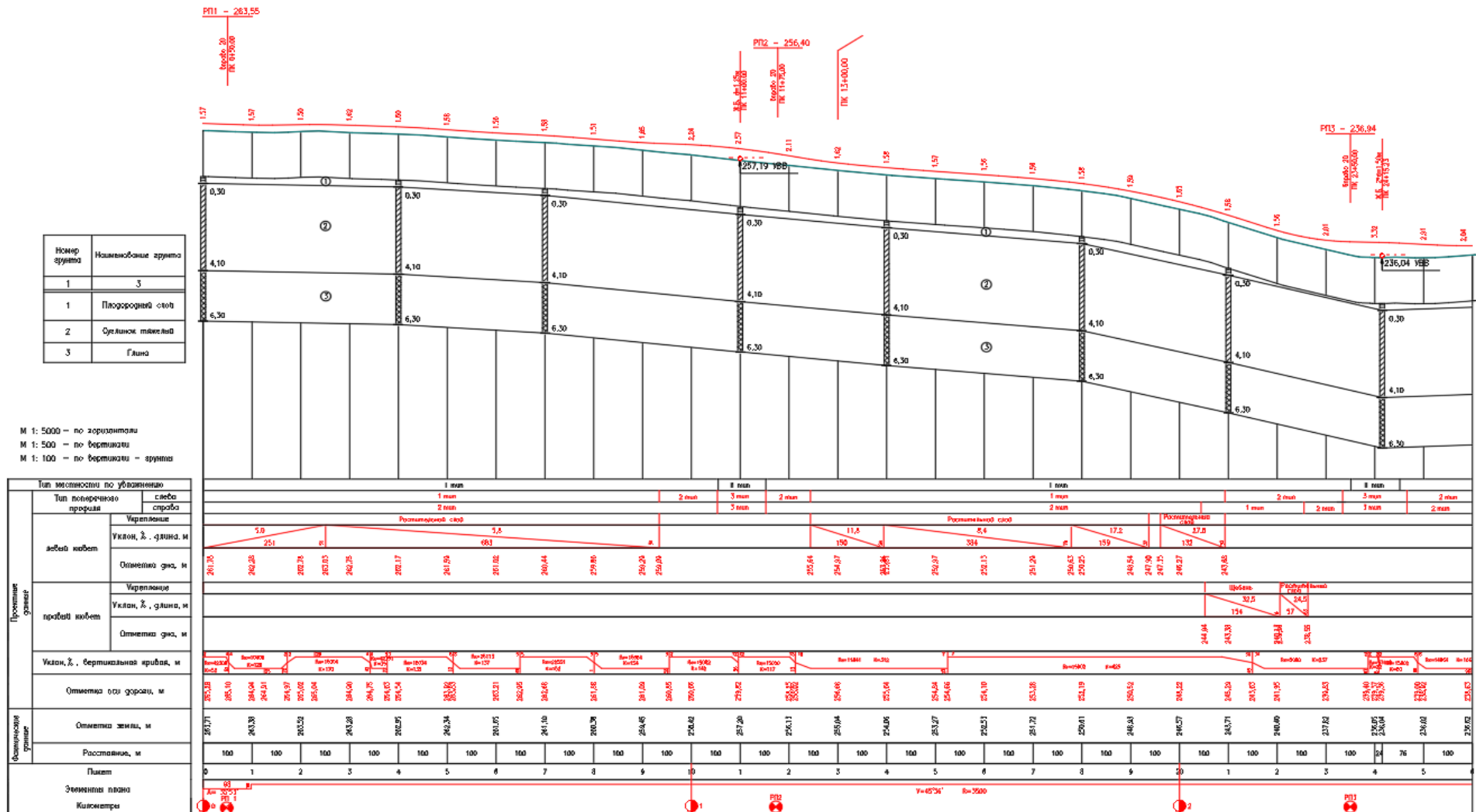


Рис. П.5. Пример оформления продольного профиля автомобильной дороги

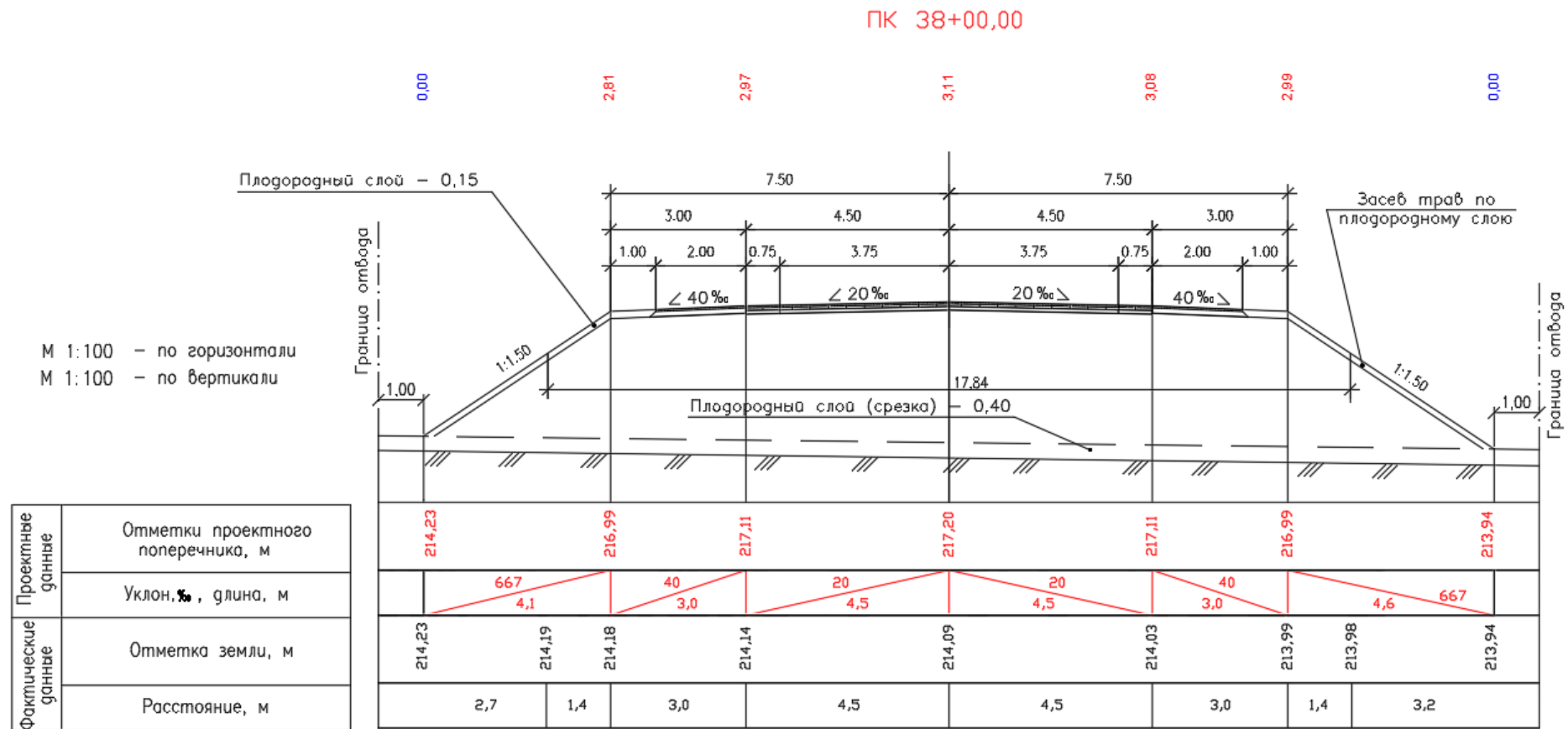
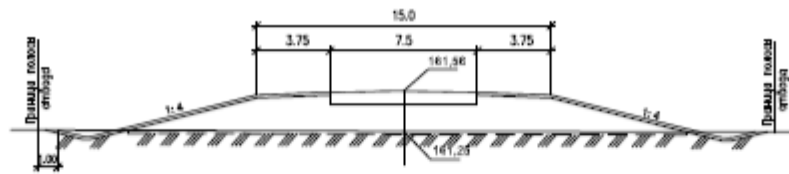
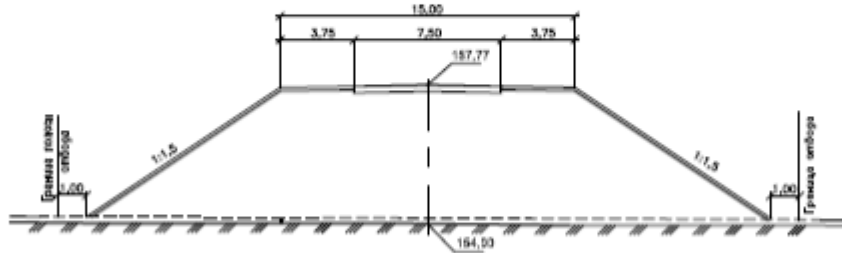


Рис. П.6. – Пример оформления чертежа поперечного профиля автомобильной дороги

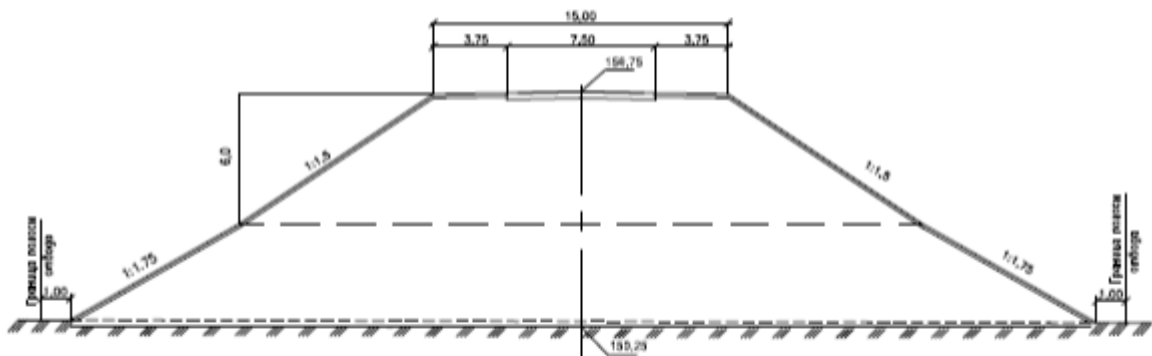
Тип I насыпь высотой до 3,0 м ПК6+00



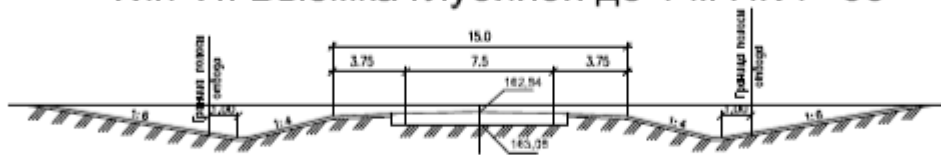
Тип III насыпь высотой до 6 м ПК 1+00



Тип IV насыпь высотой до 12 м ПК 2+00



Тип VII выемка глубиной до 1 м ПК 7+00



Тип IX выемка глубиной 5 м ПК12+00

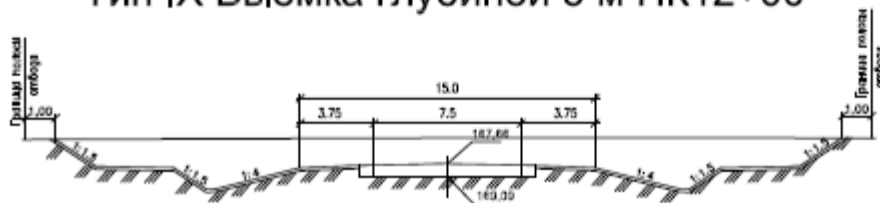


Рис. П.7. – Пример оформления поперечных профилей автомобильной дороги

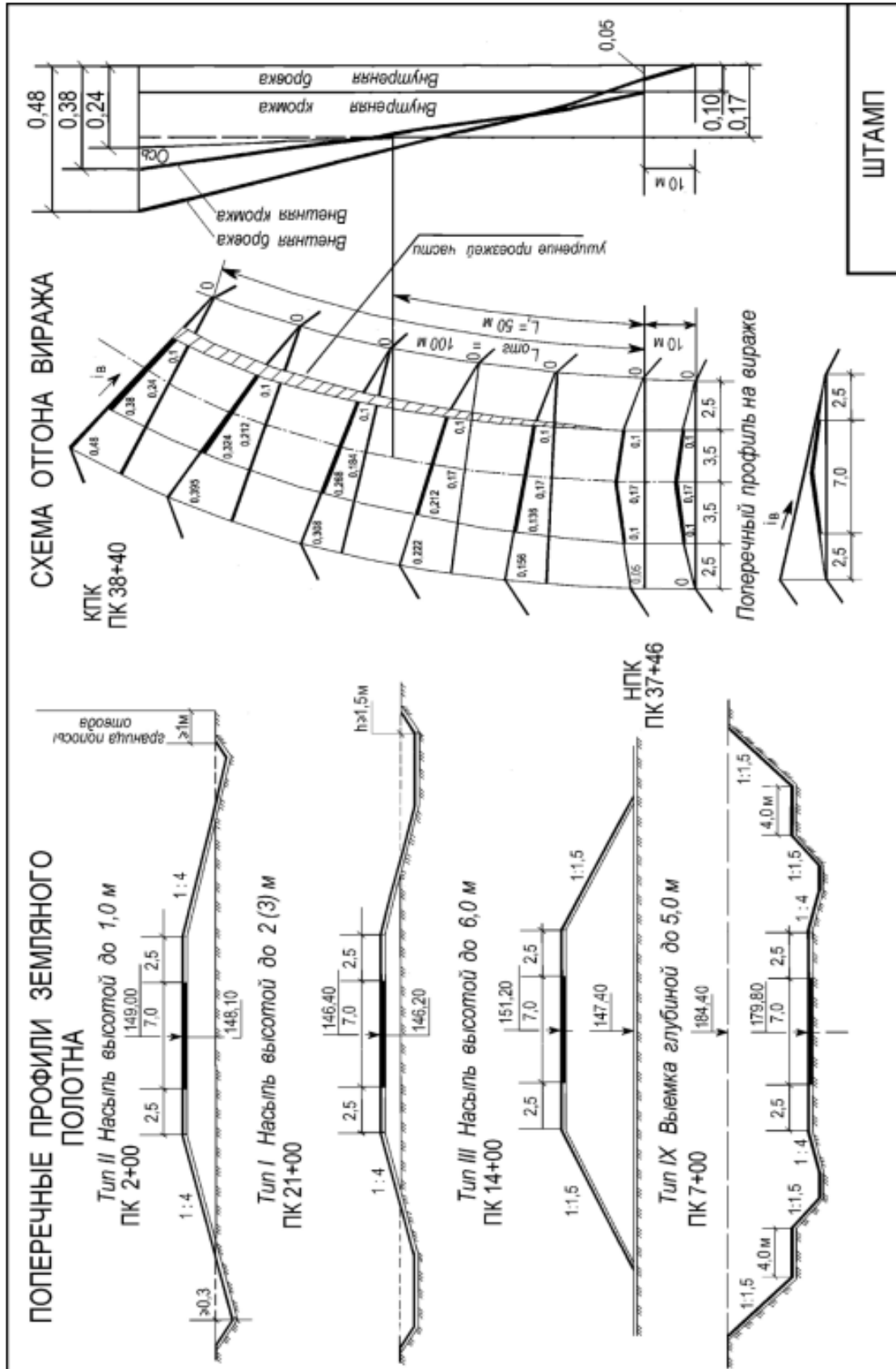


Рис. П.8. – Компонка итогового чертежа

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Классификация и основные элементы автомобильных дорог.....	4
1.1. Классификация автомобильных дорог.....	5
1.2. Автомобильные дороги по праву собственности.....	9
1.3. Автомобильные дороги оборонного значения.....	11
1.4. Идентификационные номера и наименования автомобильных дорог...	12
1.5. Протяженность автомобильных дорог.....	13
1.6. Единый государственный реестр автомобильных дорог.....	14
1.7. Основные элементы автомобильных дорог.....	15
1.8. Интенсивность движения и техническая категория автомобильной дороги.....	20
Вопросы для самоконтроля.....	22
2. Дорожно-климатическое районирование территории России.....	23
Вопросы для самоконтроля.....	24
3. Технические нормы проектирования автомобильных дорог.....	24
3.1. Принципы назначения и величина норм.....	24
3.2. Расчет технических норм проектирования.....	30
3.2.1. Определение максимального продольного уклона.....	30
3.2.2. Определение расчетного расстояния видимости.....	30
3.2.3. Определение радиусов вертикальных кривых.....	32
3.2.4. Определение радиусов кривых в плане.....	33
3.2.5. Определение пропускной способности одной полосы движения.	33
3.2.6. Определение числа полос движения.....	34
3.2.7. Определение ширины одной полосы движения и ширины проезжей части.....	34
3.2.8. определение ширины земляного полотна.....	35
Вопросы для самоконтроля.....	35
4. Проектирование плана трассы.....	35
4.1. Требования к трассе автомобильной дороги.....	36
4.2. Элементы плана трассы автомобильной дороги.....	38
4.3. Последовательность трассирования на карте.....	42
4.4. Проектирование переходной кривой в плане дороги.....	45
4.5. Разбивка пикетажа трассы на карте.....	47
4.6. Описание варианта плана трассы автомобильной дороги.....	48
4.7. Сравнение вариантов трассы.....	48
4.8. Оформление чертежа плана трассы.....	50
4.9. Последовательность выполнения раздела «План трассы» в курсовом проекте.....	50
Вопросы для самоконтроля.....	50
5. Продольный профиль.....	51
5.1. Общие положения.....	51

5.2. Нанесение элементов плана трассы на продольный профиль.....	52
5.3. Определение отметок поверхности земли.....	54
5.4. Способы нанесения проектной линии.....	58
5.5. Контрольные точки продольного профиля.....	59
5.6. Нанесение проектной линии.....	61
5.7. Методы нанесения проектной линии.....	64
5.7.1. Нанесение проектной линии методом тангенсов.....	66
5.7.2. Нанесение проектной линии методом Н.М. Антонова.....	69
5.8. Точки нулевых работ.....	70
5.9. Поверхностный дорожный водоотвод.....	71
5.10. Последовательность выполнения раздела «Продольный профиль» в курсовом проекте.....	73
Вопросы для самоконтроля.....	74
6. Земляное полотно.....	75
6.1. Общие требования к проектированию.....	75
6.2. Типы поперечных профилей.....	77
6.3. Проектирование отгона виража.....	79
6.3.1. Последовательность отгона виража.....	83
6.3.2. Уширение проезжей части на кривых малого радиуса.....	86
Вопросы для самоконтроля.....	86
7. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог.....	88
Заключение.....	92
Библиографический список.....	94
Приложение 1. Форма ведомости углов поворота, прямых и кривых.....	97
Приложение 2. Пример оформления плана трассы автомобильной дороги....	98
Приложение 3. Условные графические изображения на планах транспортных сооружений	99
Приложение 4. Условные графические изображения на продольном профиле автомобильной дороги.....	101
Приложение 5. Пример оформления продольного профиля автомобильной дороги.....	105
Приложение 6. Пример оформления чертежа поперечного профиля автомобильной дороги.....	106
Приложение 7. Пример оформления поперечных профилей автомобильной дороги.....	107
Приложение 8. Компоновка итогового чертежа.....	108
Оглавление.....	109

Учебное издание

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Авторы: **Еремин** Андрей Владимирович,
Волокитина Ольга Анатольевна
Гладышева Ольга Вадимовна
Алимова Наталья Юрьевна

Учебное пособие

Редактор –

Подписано в печать _____ 2021. Формат 60x84 .
1/16 Бумага для множительных аппаратов. Печать офсетная.
Усл.-печ.л. Тираж 350 экз. Заказ № _____

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект,14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский проспект,14