

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический университет имени  
академика Д.Н. Прянишникова»

К. Ю. Тюрюханов

**ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**  
**(информационное моделирование)**  
**Методические рекомендации к выполнению курсового проекта**

Пермь  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ

2023

*Рецензенты:*

К.Г. Пугин, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительных технологий (ФГАОУ ВО Пермский ГАТУ).

Л.В. Янковский кандидат технических наук, доцент кафедры строительных технологий (ФГАОУ ВО Пермский ГАТУ).

---

**Тюрюханов К. Ю.**

Методические рекомендации к выполнению курсовых проектов по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог ( )» / К. Ю. Тюрюханов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь :ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023. - 48 с.

Представлены основные понятия об элементах автомобильной дороги, проектной документации, о методах проектирования плана трассы, продольного и поперечного профиля.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины «Изыскания и проектирование автомобильных дорог ( )» по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) «Автомобильные дороги». Методические рекомендации разработаны для выполнения курсовых проектов, в которых излагаются методы расчета в соответствии с СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги».

**УДК 625.7/.8**

Утверждено в качестве методических рекомендаций методической комиссией института землеустройства, кадастра, инженерных и строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 3 от 23.11.2023 г.).

© Пермь ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023

© Тюрюханов К.Ю., 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.	Состав проектной документации автомобильной дороги.....	5
	Задание на выполнение работы	6
2.	Характеристика природно-климатических характеристик района проектирования автомобильной дороги.....	6
	2.1. Климатология района проектирования.....	6
	2.2. Рельеф местности проектируемого участка.....	12
	2.3. Растительность и почвы района проектирования.....	16
	2.4. Гидрологические и гидрографические условия.....	16
	2.5. Инженерно-геологические условия .....	20
3.	Общие характеристики автомобильных дорог общего пользования.....	20
4.	Технические характеристики проектируемого участка автомобильной дороги.....	26
	4.1. Назначение технической категории автомобильной дороги.....	26
	4.2. Расчет ширины ПЧ и числа полос движения.....	28
5.	Проектирование трассы в плане.....	35
6.	Ведомость углов поворота, прямых и кривых.....	37
7.	Сравнение вариантов трассы.....	41
	Список литературы.....	45
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

**Цель методических рекомендаций:** формирование у обучающихся знаний о методах изысканий и проектирования, автомобильных дорог с учетом народнохозяйственного значения этих сооружений, природных условий и требований эффективности безопасности автомобильных перевозок, а также формирования навыков проектирования автомобильных дорог.

В настоящее время автомобильные дороги являются основными маршрутами следования людей, грузоперевозок, туристских маршрутов, и в свою очередь является местом работы миллионов профессиональных водителей и любителей. Требования, которые должны предъявляться к автомобильным дорогам с каждым днем повышаются, кроме безопасности, сохранения скоростного режима, бесперебойности движения, и многих потребительских характеристик, необходимо учитывать архитектурно-эстетическую составляющую обустройства автомагистралей и дорог общего пользования.

Современное проектирование автомобильных дорог становится все более технологичным. В связи с возрастающей интенсивностью и грузонапряженностью возникает потребность в более прочных и отвечающих более высоким требованиям автомобильных дорогах. Городская инфраструктура требует более продуманных проектных решений таких как, использование одного дорожного покрытия несколькими видами транспортных средств (автомобили, велосипеды, электросамокаты, общественный транспорт) при возможности избегая их пересечения с целью минимизации дорожно-транспортных происшествий.

Ошибки допускаемые при строительстве конструкции дорожной одежды возможно исправить при капитальном ремонте или реконструкции относительно через небольшой промежуток времени пять – восемь лет. В свою очередь проектирование является творческим процессом, и ошибочные решения, принятые при проектировании автомобильной дороги, могут на десятилетия принести невосполнимые экономические потери регионам и всей экономике страны.

При планировании строительства необходимо учитывать экологическую составляющую. Использование местных материалов, техногенных продуктов и технологий, которые снижают воздействие на окружающую среду, становится все более важным шагом в обеспечении устойчивой экологической обстановки и снижение техногенной нагрузки на окружающую среду. Учитывая быстрые технологические ресурсы, проектировщики дорог общего пользования также должны быть готовы к внедрению современных информационных решений. Использование системы управления движением, интеллектуального освещения и автоматизированных систем поддержки водителя обеспечивает безопасность и эффективность дорожного движения.

Перед выполнением курсового проекта обучающемуся должно быть выдано задание на проектирование, в котором будут предоставлены следующие данные: расчетная перспективная интенсивность движения и состав подвижного транспорта; район проложения автомобильной дороги; карта в масштабе 1:10000 или 1:25000 с сечением горизонталей через 2,5 или 5 м, с обозначением начала и конца трассы; данные гидрологических и геологических изысканий; характеристики грунтов залегаемых в районе проектирования и их толщины.

В целом, современное проектирование автомобильных дорог сочетает в себе безопасность, устойчивое технологическое развитие, и предоставление творческого подхода к процессу проектирования. Только благодаря совместной работе между государственными органами, проектировщиками и гражданами мы можем создать дороги, которые отвечают современным требованиям и продвигают нашу страну вперед в будущее.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) «Автомобильные дороги».

## **1. СОСТАВ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

**Цель раздела:** Ознакомить обучающихся с составом проектной документации строительства автомобильной дороги.

Проектная документация строительства автомобильной дороги состоит из следующих разделов:

Раздел 1. Общая пояснительная записка. Данный раздел включает в себя – общие сведения, характеристика действующей дороги (фотоматериалы), данные паспорта дороги, природно-климатические условия региона строительства автомобильной дороги, перспективная интенсивность и состав движения приведенная к ед. легкового транспорта и по самому тяжелому транспортному средству, обоснование проектных решений.

Раздел 2. Проект полосы отвода. Документы согласований.

Раздел 3. Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения. Отвод земель.

Раздел 4. Разделение собственности и стоимости строительства автомобильной дороги в зависимости от долевого участия и балансового учета.

Раздел 5. Охрана окружающей среды.

Раздел 6. Строительные решения по автомобильной дороге. Данный раздел включает в себя – подготовительные работы, план дороги, земляное полотно,

дорожная одежда, транспортные развязки, обстановка дороги, организация и безопасность движения, подъезды, здания и сооружения дорожных служб.

Раздел 7. Строительные решения по искусственным сооружениям.

Раздел 8. Организация строительства.

Раздел 9. Сводный сметный расчет.

Раздел 10. Локальные и объектные сметные расчеты.

Раздел 11. Организация работ по содержанию автомобильной дороги.

Раздел 12. Внедрение новых технологий, техники, конструкций и материалов.

В данных методических рекомендациях будет рассмотрен вопрос разработки первого раздела проектной документации строительства автомобильной дороги, в частности характеристики природно-климатических условий строительства, обоснование категории автомобильной дороги и технических нормативов.

**Задание на выполнение курсового проекта:**

**Выполнить разработку разделов согласно методическим рекомендациям, а также определиться с районом строительства автомобильной дороги выбрав один из 89 субъектов РФ. Структура курсового проекта должна содержать следующие разделы: введение, характеристика природно-климатических условий проектирования, технические характеристики проектируемого участка дороги, проектирование трассы в плане, приложения, список литературы. Требования указаны в приложении 1.**

## **2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

**Цель раздела:** Описать детально район проектирования для оптимизации строительных работ и технологических операций, а также определить сроки строительства автомобильной дороги.

### **2.1. Климатология района проектирования**

Российская Федерация по своей площади занимает первое место в мире, в связи с чем она разнообразна по климатическим, почвенно-грунтовым, гидрологическим условиям, таким образом проектировать автомобильную дорогу по общим критериям и принципам крайне затруднительно. В связи с чем вся территория РФ разделена по схожим почвенно-грунтовым, климатическим и гидрологическим условиям, а также немаловажным ландшафтно-географическим

зонам. Для проектирования объектов дорожного и гражданского строительства вся территория РФ разделена на пять дорожно-климатических зон (ДКЗ), и по местонахождению того или иного субъекта страны можно определить в какой ДКЗ будет располагаться участок строительства автомобильной дороги.

Природные условия района проектирования автомобильной дороги характеризуются комплексом погодно-климатических условий, таких как: количеством осадков, температурой воздуха, направлением и скоростью ветра, толщиной снежного покрова, глубиной промерзания грунтов, количеством суток в году с гололедом, дней, когда наблюдается переход через 0 С° и т.д. Данные записываются в табличной форме. Таким образом пользуясь приложением Б СП 34.13330.2021 [1], рис. 1. И таб. 1. Можем определить участок строительства дороги. Однако, все вышеприведенные данные по погодно-климатическим условиям принимаются по климатическим справочникам, энциклопедиям и СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [2].

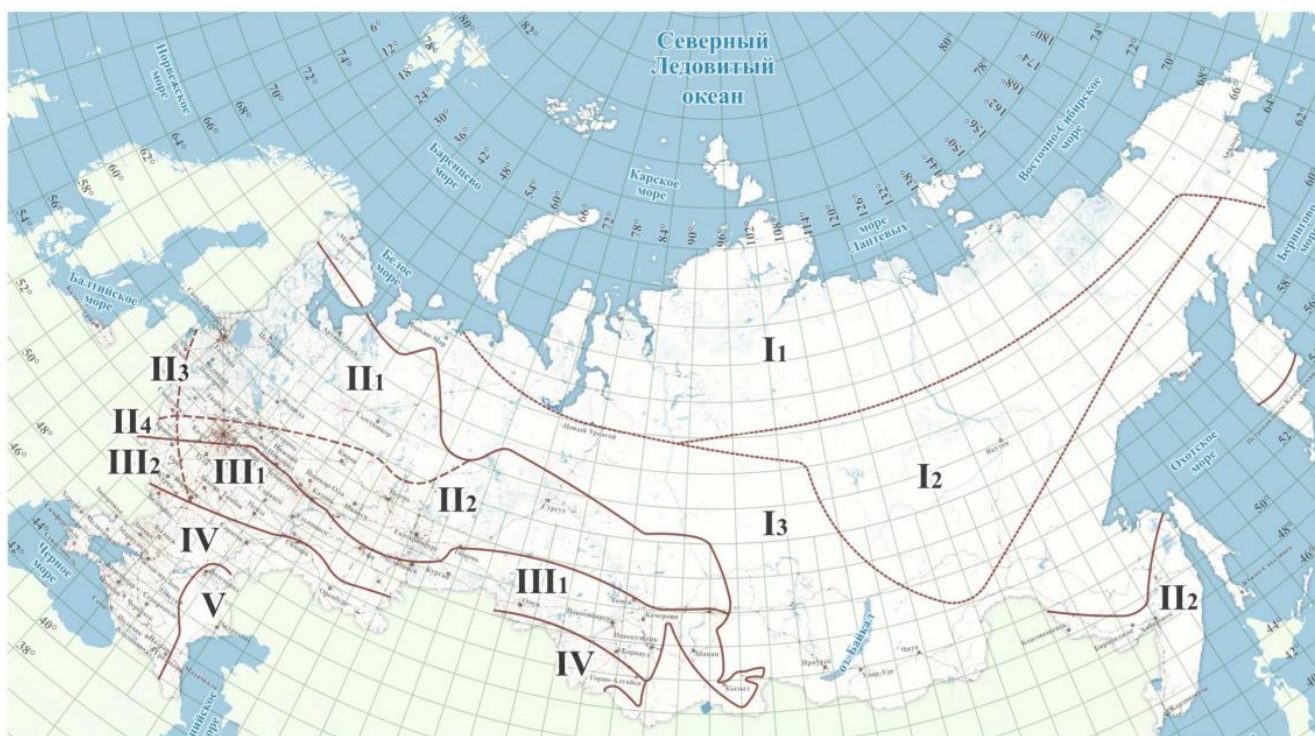


Рисунок 1. Дорожно-климатическое районирование.

#### Примечания

1. При обосновании общее дорожно-климатическое районирование территории Российской Федерации может уточняться в рамках отдельных субъектов Российской Федерации.
2. Территории Краснодарского края следует относить к дорожно-климатической зоне III.
3. При проектировании участков дорог в приграничных зонах при обосновании данными о грунтово-гидрологических и почвенных условиях, а также исходя из практики эксплуатации дорог в районе допускается принимать проектные решения как для смежной (северной или южной) зоны.

4. В горных районах дорожно-климатические зоны следует определять с учетом высотного расположения объектов проектирования, принимая во внимание природные условия на данной высоте.

5. Разделение на подзоны следует учитывать при определении расчетной влажности при расчетах на прочность и морозостойчивость дорожных одежд.

Таблица 1

Примерные географические границы ДКЗ

Зона и подзона	Примерные географические границы дорожно-климатических зон (в том числе территории Республики Крым)
I	Севернее линии Нивский–Сосновка–Новый Бор–Щельябож–Сыня–Суеватпуль–Белоярский–Ларьяк–Усть–Озерное–Ярцево–Канск–Выезжий Лог– Усть–Золотая–Сарыч–Сеп–Новоселово–Артыбаш–Иню–государственная граница–Симоново–Биробиджан–Болонь–Многовершинный. Включает зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением многолетнемерзлых грунтов
I <sub>1</sub>	Севернее линии Нарьян-Мар–Салехард–Курейка–Трубка Удачная–Верхоянск–Дружина–Горный Мыс–Марково
I <sub>2</sub>	Восточнее линии устье р. Нижняя Тунгуска–Ербогачен, Ленск–Бодайбо–Богдарин и севернее линии Могоча–Сковородино–Зея–Охотск– Палатка–Слаутское. Ограничена с севера подзоной I <sub>1</sub>
I <sub>3</sub>	От южной границы вечной мерзлоты до южной границы подзоны I <sub>2</sub>
II	От границы зоны I до линии Тула–Нижний Новгород–Ижевск–Томск–Канск. На Дальнем Востоке от границы зоны I до государственной границы. Включает зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
II <sub>1</sub>	С севера и востока ограничена зоной I, с запада – подзоной II <sub>3</sub> , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск–Березники–Ивдель
II <sub>2</sub>	С севера ограничена подзоной II <sub>1</sub> , с запада – подзоной II <sub>4</sub> , с юга – зоной III, с востока и юга – границей зоны I
II <sub>3</sub>	С севера ограничена государственной границей, с запада – границей с подзоной II <sub>5</sub> , с юга – линией Рославль–Клин–Рыбинск, с востока –



	линией Псков–Смоленск–Орел
П <sub>4</sub>	С севера ограничена подзоной П <sub>3</sub> , с запада – подзоной П <sub>6</sub> , с юга – границей с зоной III, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
III	От южной границы зоны II до линии Белгород–Самара–Магнитогорск–Омск–Бийск–Туран. Включает лесостепную зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы
III <sub>1</sub>	Ограничена с севера зоной II, с запада – подзоной III <sub>2</sub> , с юга – зоной IV, с востока – зоной I
III <sub>2</sub>	С севера ограничена зоной II, с запада – подзоной III <sub>3</sub> , с юга – зоной IV, с востока – линией Смоленск–Орел–Воронеж
IV	От границы зоны III до линии Буйнакск–Кизляр–Волгоград и далее в сторону границы с Казахстаном в широтном направлении. Включает степную зону с недостаточным увлажнением грунтов
V	К юго-западу и югу от границы зоны IV и включает пустынную и пустынно-степную зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

В качестве примера, все данные заполняются в табличной форме и представлены в таб. 2.

Таблица 2

Климатические параметры холодного периода года (пример одного субъекта РФ)

№ п/п	Климатическая характеристика	Значение
1	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,98	-22
2	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С,	-19

	обеспеченностью 0,92	
3	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,98	-18
4	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	-16
5	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	-6
6	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	-34
7	Средняя суточная температура наиболее холодного месяца. °С	8,4
8	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	8,4
9	Продолжительность, сутки, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 0$ °С	34/0,2
10	То же, $\leq 8$ °С	147/2,5
11	То же, $\leq 10$ °С	167/3,2
12	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	77
13	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 часов наиболее холодного месяца, %	68
14	Количество осадков с ноября по март, мм	293
15	Преобладающее направление ветра с декабря по февраль	Ю

16	Преобладающее направление ветра с марта по апрель	Ю
17	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	3,6
18	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8$ °С	3,3
19	Максимальная глубина промерзания почвы, см, раз в 10 лет	138
20	Максимальная глубина промерзания почвы, см, раз в 50 лет	177

Для качественного оформления раздела необходимо сопоставить данные приведенные в нормативной документации района предполагаемого проектирования участка автомобильной дороги в разные периоды года, для более наглядного представления информации выстраивают график погодно-климатических характеристик, где изображаются количество осадков, температурные колебания по месяцам, глубина сезонного промерзания грунтов, высоту снегового покрова, суммарное количество световых и дней без осадков для конструирования и выполнения расчетов элементов автомобильной дороги. Пример оформления графического изображения графика погодно-климатических характеристик представлены на рис. 2.

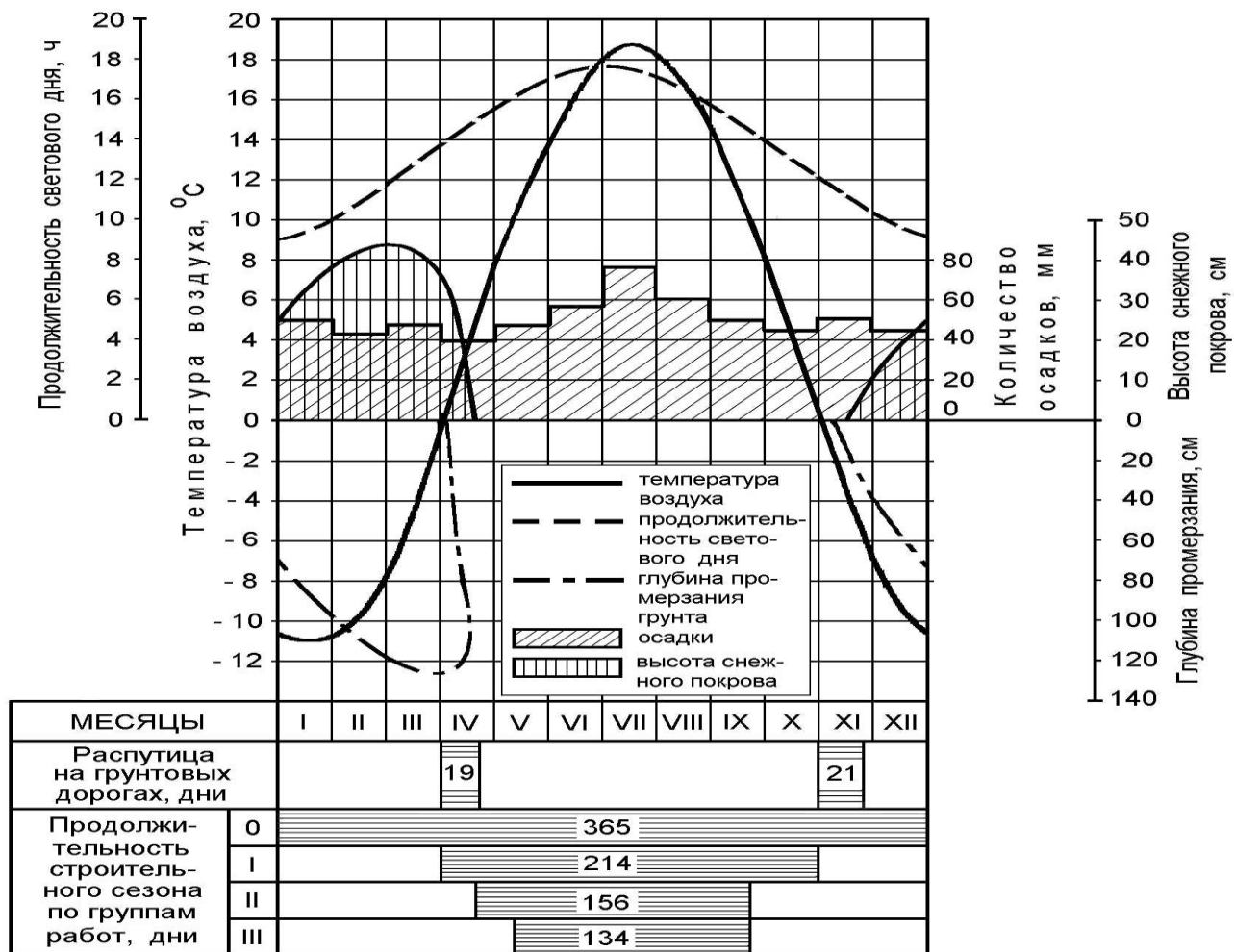


Рис. 2 График погодно климатических характеристик

## 2.2. Рельеф местности проектируемого участка

**Р е л ь е ф** /от лат. *Relevo* – поднимаю/ - совокупность неровностей /форм/ земной поверхности, разных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития.

**Э л е м е н т ы** рельефа – поверхности, линии и точки. Каждая форма рельефа ограничена поверхностями, которые могут быть: относительно горизонтальные, наклонные, выпуклые, вогнутые, ступенчатые. Пример изображения рельефа местности представлен на рис. 3

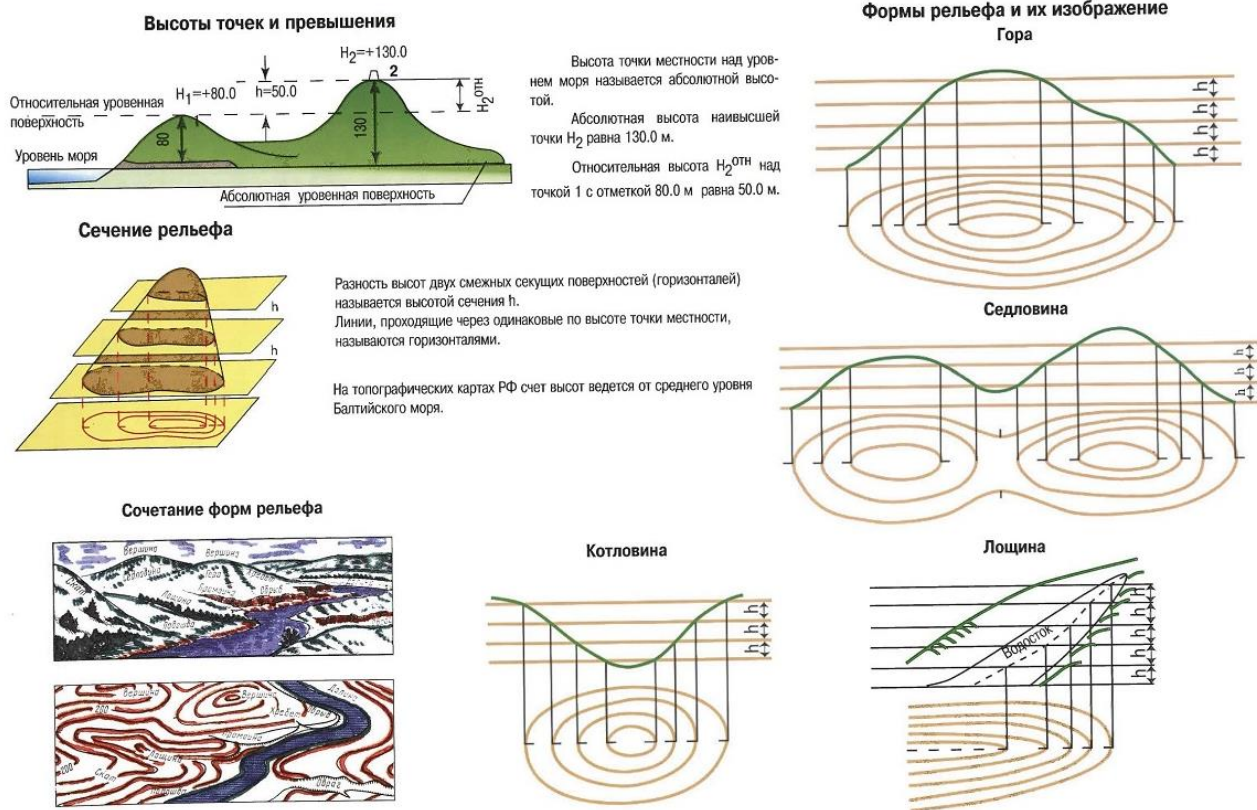


Рис. 3 Рельеф местности

При выборе направления трассы автомобильной дороги существенное влияние оказывает рельеф местности, в частности от высотных отметок назначают продольные уклоны, которые влияют на объемы работ по разработке грунтов земляного полотна и перемещению земляных масс из выемки в насыпь. От рельефа зависят формы и архитектурные решения малых искусственных сооружений, а также объемы, формы и размеры водосборных бассейнов.

При выполнении курсового проекта и выбранного субъекта РФ для проектирования участка автомобильной дороги необходимо воспользоваться и оценить рельеф местности по топографическим картам региона. Определить категорию рельефа и условия обеспечения поверхностного стока, тип местности по условиям увлажнения [1]. Основные элементы рельефа местности классифицируются следующим образом:

Равнины –относительно ровный обширный участок поверхности суши, дна океанов и морей с пологими уклонами (менее  $5^\circ$ ), мягкими формами и незначительными колебаниями высот; один из важнейших комплексов форм рельефа земного шара. На суше различают: низменные равнины (низменности), лежащие иногда ниже уровня моря (например, Прикаспийская низменность), но чаще – от уровня моря и до высоты 200 м (Месопотамская низменность); возвышенные (200–500 м, в том числе поверхности плато, например Устюрт); нагорные (свыше 500 м, в том числе поверхности высоких плато, равнинные участки плоскогорий и нагорий, например внутренние районы Иранского

нагорья)[3-5]. Равнинная местность – местность с уклонами, не превышающими 1:20 или меньшими на протяжении не менее 500 м [6].

Пересеченная местность – местность с уклонами в пределах от 1:20 до 1:3 на протяжении не менее 500 м. Естественные уклоны местности превышают уклоны, допустимые для дороги и для обеспечения допустимых параметров в плане и профиле проектируемой автомобильной дороги и требуют устройства насыпей и выемок [6].

Холмы –форма рельефа в виде небольшой возвышенности, в плане округлой или овальной формы, с пологими склонами и слабо выраженным подножием. Относительная высота до 200 метров над уровнем их подошвы.

Горы –часть земной поверхности, приподнятая над уровнем моря (более 200 м над уровнем их подошвы) и прилегающих равнин, характеризуется значительными и часто резкими колебаниями высот на коротком расстоянии. При переходе одной горы к другой, возвышенности вытянутой формы образуют горные хребты.

Горная местность – местность с уклонами, которые могут превышать 1:3 на протяжении не менее 500 м. Наклоны поверхности склонов по отношению к поперечному сечению и продольному профилю, требующие ступенчатой разработки для размещения насыпи [6].

При проектировании автомобильной дороги возможно выделить пять категорий рельефа, которые представлены в таб. 3.

Таблица 3

Характеристики рельефа по категории сложности

Категория сложности	Наименование рельефа	Характеристика рельефа
1	Равнинный	Равнины с широкими водоразделами, пологими склонами речных долин
2	Слабохолмистый	Местность с отдельными невысокими холмами и котловинами, пологими водоразделами, расчлененная редкими оврагами и балками
3	Сильно	Сильно холмистая местность с пересеченным

	пересеченный	рельефом, узкими извилистыми водоразделами и большим числом лоцин и оврагов. Предгорья и нижние части склонов гор.
4	Гористый	Склоны гор и предгорий с сильно расчлененным рельефом, узкими ущельями и долинами горных рек, большой крутизной склонов и русел водотоков.
5	Горный	Чередующиеся хребты, извилистые горные ущелья с очень крутыми обрывистыми, сильно изрезанными горными склонами. Перевальные участки горных хребтов.

При выполнении лабораторной работы можно воспользоваться данными приведенными в таб. 4.

Таблица 4

#### Характеристика форм рельефа

Характеристика форм рельефа	Рельеф		
	Равнинный	Холмистый	Горный
Макрорельеф:			
1. уклон, ‰	до 21	22 – 48	свыше 48
2. длина уклона, км	0,55 – 3,50	0,40 – 2,10	0,35 – 1,20
3. угол перелома выпуклых форм рельефа, ‰	до 20	20 – 100	свыше 100
Микрорельеф:			
1. ритм рельефа, м	10 – 60	25 – 100	39 – 150
2. глубина расчленения, м	2 – 8	3 – 15	10 – 35

СП 34.13330.2021 [1] рассматривает элементы рельефа с точки зрения трудности проложения трассы и частоты применения предельных продольных уклонов и кривых малых радиусов. При этом 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.

### **2.3. Растительность и почвы района проектирования**

На основе изучения карты следует отметить наличие в зоне проектирования лесов, садов, кустарников. Указать виды древесно-кустарниковых пород. Если на карте указаны леса, то следует в соответствии с условными обозначениями описать параметры леса. Виды почв принимаются по заданию на проектирование. Дополнительно приводится характеристика растительности и почв для всего региона (субъекта РФ). По итогам анализа и собранного материала делается вывод о целесообразности строительства автомобильной дороги в данном районе, а также применительно для обеспечения снегозащитных мероприятий и декоративного озеленения.

Почвы преобладающие в регионе проектирования и растительные слои грунта можно оценить с точки зрения вторичного его использования для рекультивации нарушенных земель при строительстве автомобильной дороги, а также для укрепления и озеленения откосов земляного полотна.

### **2.4. Гидрологические и гидрографические условия**

Выделение типов местности по условиям, характеру и степени увлажнения предусмотрена для учета особенностей гидрологических и инженерно-геологических условий при проектировании земляного полотна и дорожных одежд [6].

По условиям увлажнения верхней толщии грунтов выделяют следующие типы местности:

- тип 1 – сухие участки, без избыточного увлажнения с обеспеченным поверхностным водоотводом без признаков заболачивания, грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщии грунтов;

- тип 2 – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года. Поверхностный сток не обеспечен. На поверхности весной и осенью образуются в отдельных местах застои воды, хотя грунтовые воды не оказывают существенного влияния на увлажнение поверхностных слоев грунта. К этому типу относятся участки с признаками поверхностного заболачивания и участки с затрудненным стоком при слабопроницаемых почвах (западины и блюдца на



широких водораздельных плато, низины, равнины, котловины и нижняя часть затяжных залесенных склонов).

- тип 3 – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением. Верхняя толща грунтов постоянно увлажнена стоящими близко от поверхности грунтовыми водами или застаивающимися на длительное время (более 30 суток) поверхностными водами. Почвы торфяные, оглеенные, с признаками заболачивания.

Типы местности по характеру и степени увлажнения представлены в таблице 5.

Таблица 5

Типы местности по характеру и степени увлажнения

Основные признаки		Дополнительные признаки в зависимости от дорожно-климатической зоны (ДКЗ)
Источники увлажнения	Характер увлажнения	
Тип местности 1		
Атмосферные осадки	Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов	<p>ДКЗ I – мощность деятельного слоя более 2,5 м при непросадочных грунтах влажностью менее <math>0,7W_1</math>;</p> <p>ДКЗ II – почвы слабо- и среднеподзолистые или дерновоподзолистые без признаков заболачивания;</p> <p>ДКЗ III – почвы серые, лесные слабоподзолистые в северной части зоны – темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелочные;</p> <p>ДКЗ IV – почвы – черноземы тучные или мощные, в южной</p>

		<p>части зоны – южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы;</p> <p>ДКЗ V – почвы в северной части бурые, в южной –светлобурые и сероземы.</p>
Тип местности 2		
Кратковременно стоящие (до 30 суток) поверхностные воды, атмосферные осадки	Поверхностный сток не обеспечен, грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов	<p>ДКЗ I – почвы тундровые с резко выраженными признаками заболачивания; мощность сезоннооттаивающего слоя от 0,1 до 2,5 м при наличии глинистых просадочных грунтов влажностью более 0,8 W<sub>1</sub>;</p> <p>ДКЗ II – почвы средне- и сильноподзолистые и полуболотные с признаками заболачивания;</p> <p>ДКЗ III – почвы подзолистые или полуболотные с признаками оглеения, в южной части – лугово-черноземные, солонцы и солоди;</p> <p>ДКЗ IV – почвы сильносолонцеватые, черноземы, каштановые, солонцы и солоди;</p> <p>ДКЗ V – почвы – солонцы, такыры, солончаковые солонцы и реже солончаки</p>
Тип местности 3		
Грунтовые или длительно стоящие (более 30 суток)	Грунтовые или длительно стоящие (более 30 сут.)	ДКЗ I – почвы тундровые и болотные, торфяники; мощность сезоннооттаивающего слоя до 1 м

поверхностные воды, атмосферные осадки	поверхностные воды оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов	<p>при наличии глинистых сильнопросадочных грунтов, содержащих в пределах двойной мощности сезонного оттаивания линзы льда толщиной более 10 см;</p> <p>ДКЗ II – почвы торфяно-болотные или полуболотные;</p> <p>ДКЗ III – тоже, что для II зоны;</p> <p>ДКЗ IV – почвы болотные или полуболотные, солончаки и солончаковатые солонцы;</p> <p>ДКЗ V – почвы – солончаки и солончаковатые солонцы; постоянно орошаемые территории.</p>
--	--	---

#### Примечания

1 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, относятся к 1 типу независимо от наличия поверхностного стока (при отсутствии длительного подтопления).

2 Грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегает ниже глубины промерзания не менее чем на 2,0 м 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.

3 Поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 0,2%.

Характеристикой грунтовых и гидрогеологических условий на глубину до 10 м может служить растительность, т.к. при сочетании специфичных сочетаниях почв и гидрогеологических условий могут выступать определенные виды растений встречающиеся в конкретном регионе РФ.

## 2.5. Инженерно-геологические условия

Геологические условия характеризуют степень устойчивости горных пород в районе проложения трассы автомобильной дороги. Данные инженерно-геологических изысканий позволяют определить наличие местных дорожно-строительных материалов.

При проложении трассы автомобильной дороги необходимо учитывать грунтовые условия с точки зрения использования грунтов для возведения земляного полотна.

## 3. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

**Цель раздела:** Рассмотреть технические требования которые предъявляются к автомобильным дорогам в процессе проектирования.

Проектирование автомобильных дорог должно осуществляться на основе документов территориального планирования: схем территориального планирования муниципальных районов, схем территориального планирования субъектов Российской Федерации, схем территориального планирования Российской Федерации в сфере транспорта.

Проектирование автомобильной дороги следует осуществлять как часть единой дорожной сети, состоящей из системы взаимосвязанных автомобильных дорог и имеющей иерархически построенную структуру в зависимости от транспортной функции, выполняемой автомобильной дорогой [1]. В соответствии с [1] функциональной классификацией подразделяется на следующие классы представленные в таб. 6.

Таблица 6

Функциональная классификация автомобильной дороги

Функциональный класс дороги	Транспортная функция	Соединяют
Основные магистральные автомобильные дороги	- Обеспечивают международные и межрегиональные транспортные связи, включают непрерывные маршруты, обеспечивающие	- Столицу Российской Федерации г.Москву со столицами иностранных государств; - столицу Российской Федерации г. Москву с административными центрами

	<p>передвижения интенсивных транспортных потоков</p>	<p>субъектов Российской Федерации;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- автомобильные дороги, включенные в перечень международных (в соответствии с международными соглашениями Российской Федерации), между собой или являются их частью;</li> <li>- автомобильные дороги, являющиеся международными транспортными коридорами, входящих в европейскую (Е) и азиатскую (А) дорожную сеть, или являются их частью</li> </ul>
<p>Второстепенные магистральные автомобильные дороги</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обеспечивают основные межрегиональные транспортные связи;</li> <li>- обеспечивают подъезд от магистральных автомобильных дорог или городов (административных центров субъектов Российской Федерации) к транспортным узлам, имеющим межгосударственное и федеральное значение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Административные центры субъектов Российской Федерации, крупные и крупнейшие города между собой;</li> <li>- магистральные автомобильные дороги с транспортными узлами (морские порты, речные порты, аэропорты, железнодорожные станции и другие транспортные объекты), имеющими международное и федеральное значение</li> </ul>
<p>Основные распределительные автомобильные дороги</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обеспечивают перераспределение транспортных потоков между магистральными</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Магистральные автомобильные дороги между собой;</li> <li>- магистральные</li> </ul>

	<p>автомобильными дорогами и автомобильными дорогами местного значения;</p> <p>- обеспечивают транспортную связь сети магистральных автомобильных дорог с крупными и крупнейшими городами;</p> <p>- обеспечивают транспортную связь крупнейших городов Российской Федерации с обслуживающими их транспортными узлами;</p> <p>- обеспечивают транспортную связь магистральных автомобильных дорог с объектами тяготения федерального значения</p>	<p>автомобильные дороги с крупными и крупнейшими городами;</p> <p>- крупнейшие города Российской Федерации с обслуживающими их транспортными узлами (морскими и речными портами, аэропортами, железнодорожными станциями и другими транспортными объектами);</p> <p>- магистральные автомобильные дороги с объектами тяготения (в том числе специального назначения) федерального значения</p>
<p>Распределительные дороги автомобильные регионального значения, (распределительные автомобильные дороги*)</p>	<p>- Обеспечивают перераспределение транспортных потоков между магистральными автомобильными дорогами и автомобильными дорогами местного значения;</p> <p>- обеспечивают связь магистральных и распределительных автомобильных дорог с</p>	<p>- Магистральные автомобильные дороги с распределительными автомобильными дорогами;</p> <p>- магистральные автомобильные дороги с местными автомобильными дорогами;</p> <p>- распределительные автомобильные дороги с местными автомобильными дорогами;</p>

	<p>административными центрами субъектов Российской Федерации, с административными центрами муниципальных районов, городских округов;</p> <p>- обеспечивают транспортную связь административных центров субъектов Российской Федерации с административными центрами муниципальных районов, городских округов;</p> <p>- обеспечивают транспортную связь административных центров субъектов Российской Федерации, муниципальных районов, городских округов с транспортными узлами регионального и межмуниципального значения;</p> <p>- обеспечивают подъезд к объектам тяготения</p>	<p>- магистральные и распределительные автомобильные дороги с административными центрами субъектов Российской Федерации, с административными центрами муниципальных районов, городских округов;</p> <p>- административные центры субъектов Российской Федерации с административными центрами муниципальных районов, городских округов;</p> <p>- административные центры субъектов Российской Федерации, муниципальных районов, городских округов с транспортными узлами (аэропортами, морскими, речными портами и другими транспортными объектами) регионального и межмуниципального значения;</p> <p>- дорожная сеть общего пользования с объектами тяготения (в том числе специального назначения) регионального и межмуниципального значения</p>
--	---	---

	регионального и межмуниципального значения	
Местные автомобильные дороги	Обеспечивают прочие транспортные связи	-
* Для автомобильных дорог с НИД.		

Техническую категорию автомобильной дороги устанавливают по расчетной перспективной интенсивности движения в соответствии с табл. 7 [1].

Таблица 7

Соответствие расчетной среднесуточной интенсивности движения категории автомобильной дороги

Категория автомобильной дороги	Расчетная среднесуточная интенсивность движения, приведенных ед./сут
IA, IB, IB	14001 и более
II	6001-14000*
III	2001-6000
IV	401**-2000
IVA-р, IVБ-р, IVA-п, IVБ-п, VA, VB	В соответствии с ГОСТ Р 58818
<p>Примечания</p> <p>* При организации движения по четырем полосам движения на автомобильных дорогах категории II расчетную среднесуточную интенсивность движения следует принимать в соответствии с данными, указанными в таблице 5.11.</p> <p>** Физ. Ед./сут. В соответствии с ГОСТ Р 58818.</p>	



В соответствии с ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования» [7] автомобильные дороги по условиям движения и доступа на них транспортных средств разделяют на три класса:

- автомагистраль,
- скоростная дорога,
- дорога обычного типа (нескоростная дорога).

К классу «автомагистраль» относят автомобильные дороги:

- имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;
- не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;
- доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.

К классу «скоростная дорога» относят автомобильные дороги:

- имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;
- не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;
- доступ на которые возможен 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.

К классу «дороги обычного типа» относят автомобильные дороги, не отнесенные к классам «автомагистраль» и «скоростная дорога»:

- имеющие единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой;
- доступ на которые возможен через пересечения и примыкания в разных и одном уровне, расположенные для дорог категорий IВ, 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.

Автомобильные дороги по транспортно-эксплуатационным качествам и потребительским свойствам разделяют на категории в зависимости от:

- количества и ширины полос движения;

- наличия центральной разделительной полосы;
- типа пересечений с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;
- условий доступа на автомобильную дорогу с примыканий в одном уровне.

#### **4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЕКТИРУЕМОГО УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

**Цель раздела:** Определить основные технические характеристики проектируемого участка автомобильной дороги.

При выборе категории автомобильной дороги назначается расчётная скорость (максимально допустимая по условиям безопасности и устойчивости) одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобилей с поверхностью ПЧ, которой на наиболее неблагоприятных участках трасы соответствуют предельно допустимые значения элементов автомобильной дороги.

Расчетные скорости движения для определения параметров плана, продольного и поперечного профилей и других параметров, зависящих от расчетной скорости движения, принимают по таблице 5.1.[1].

##### **4.1. Назначение технической категории автомобильной дороги**

По расчетной перспективной приведенной интенсивности движения (формула (1)), устанавливают техническую категорию дороги, в соответствии с которой из СП 34.13330.2021 [1] и ГОСТ Р 52399-2022 [8] выписывают технические нормативы, сводя их в таблицу 8.

Таблица 8

Расчетные технические характеристики проектируемой автомобильной  
дороги

№ п/п	Технические нормативы	По СП 34.13330.2021 [1]	Значение	По расчету	Принято для проекта
1.	Расчетная скорость, км/ч	табл. 5.1 [1]			
2.	Число полос движения, шт.	табл. 5.9 [1]			

3.	Ширина полосы движения, м	табл. 5.9 [1]			
4.	Ширина проезжей части, м				
5.	Ширина обочины, м	табл. 5.9 [1]			
6.	Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	табл. 5.9 [1]			
7.	Ширина земляного полотна, м				
8.	Поперечный уклон проезжей части, о/оо	табл. 5.13 [1]			
9.	Поперечный уклон обочины, о/оо	п. 5.36 [1]			
10.	Рекомендуемый продольный уклон, о/оо	п. 5.3 [1]			
11.	Расстояние видимости поверхности дороги, м	п. 5.3 [1]			
12.	Рекомендуемые радиусы кривых: - в плане, м в продольном профиле - выпуклых, м - вогнутых, м	п. 5.3 [1]			
13.	Рекомендуемые длины кривых в продольном профиле: - выпуклых, м - вогнутых, м	п. 5.3 [1]			
14.	Максимально допустимый продольный уклон, о/оо	табл. 5.3 [1]			

15.	Наименьшее расстояние видимости:  - для остановки, м  - встречного автомобиля, м	табл. 5.8 [1]			
16.	Наименьшие радиусы кривых:  - в плане, м  в продольном профиле:  - выпуклых, м  - вогнутых, м	табл. 5.3 [1]			
17.	Наибольшая длина прямых участков в плане, м	табл. 5.17 [1]			

#### 4.2. Расчет ширины ПЧ и числа полос движения.

Для расчета ширины ПЧ необходимо использовать данные о расчетной скорости и перспективной расчетной интенсивности. После чего необходимо назначить и обосновать количество полос движения и проверить пропускную способность. Согласно п. 4.13. [1], число полос движения дорог с многополосной проезжей частью, мероприятия по охране окружающей среды, выбор решений по пересечениям и примыканиям дорог, конструкции дорожных одежд, элементы обустройства, состав зданий и сооружений дорожной службы в целях снижения единовременных затрат принимают с учетом стадийности их строительства по мере роста интенсивности движения при соответствующем технико-экономическом обосновании. Для автомобильных дорог категории I (далее при указании в тексте настоящего свода правил категории I следует принимать нормативы и положения для проектирования дорог категорий IA, IB, IB) допускается предусматривать раздельное трассирование проезжих частей встречных направлений с учетом стадийного увеличения числа полос движения и сохранения крупных самостоятельных форм ландшафта и особо охраняемых природных территорий.

Перспективный период при назначении категорий дорог (элементов плана, продольного и поперечного профилей) принимают равным 20 годам от планируемого года завершения строительства автомобильной дороги (или самостоятельного участка дороги) п. 4.8. [1].

- 1) Приведенная интенсивность движения рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n N_i K_i, \text{ авт/сут} \quad (1)$$

где,  $N_i$  - перспективная суточная интенсивность движения  $i$ -го типа автомобилей в составе транспортного потока, авт/сут (дана в задании);

$K_i$  - коэффициент приведения автомобилей транспортного потока к легковому автомобилю, таблица К.5 [9].

- 2) Часовая приведенная интенсивность движения рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{ч}} = \alpha * N_{\text{пр}}, \text{ авт/ч} \quad (2)$$

$\alpha$  - коэффициент перехода от перспективной суточной интенсивности движения к расчетной часовой (в расчетах принимается  $\alpha = 0,1$ ).

- 3) Пропускная способность одной полосы движения рассчитывается по следующей формуле:

$$N_n = \frac{1000 * V}{L}, \text{ авт/ч} \quad (3)$$

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

$L$  – минимальное расстояние между автомобилями, м:

$$L = \frac{V * t}{3.6} + \frac{K_{\text{э}} * V^2}{254(\varphi \pm i)} + l_a + l_k, \text{ м} \quad (4)$$

где,  $K_{\text{э}}$  - коэффициент эффективности действия тормозов, равный в 1,4;

$\varphi$  – коэффициент продольного сцепления шины с дорогой, принимаемый при расчете пропускной способности при нормальных условиях эксплуатации равным 0,5;

$i$  - продольный уклон рассматриваемого участка дороги, доли ед.;

$l_a$  - длина автомобиля, м;

$l_k$  - расстояние между остановившимися автомобилями, м (можно принять 5-10 м);

$t$  – время реакции водителя, с ( $t=1$  с).

4) Требуемое количество полос движения:

$$n = \frac{N_q * E}{Z * N_n * \gamma} \quad (5)$$

где,  $N_q$  - часовая приведенная интенсивность движения, авт/ч;

$E$  – коэффициент сезонной неравномерности движения ( $E=1,0$ );

$Z$  – коэффициент загрузки, соответствующий необходимому для данной дороги уровню удобства движения ( $Z=0,45-0,7$ ) (прил. А [1]);

$N_n$  – пропускная способность одной полосы движения, авт/ч;

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий характер рельефа местности (равнинный рельеф  $\gamma = 1,0$ ; пересеченный рельеф  $\gamma = 0,8$ ; сильно пересеченный рельеф  $\gamma = 0,6$ ).

5) Ширина полосы движения и ПЧ;

Ширину каждой полосы определяют из условия встречного движения колонн автомобилей, двигающихся с расчетной скоростью. Расчет выполняют на типы автомобилей, преобладающих в составе движения.

$$П = a + c + 2y + x, \quad (6)$$

где,  $a$  – ширина кузова автомобиля, м;

$c$  – ширина колеи автомобиля (расстояние между гранями следа наиболее широко расставленных колес), м;

$x$  – зазор между кузовами встречных автомобилей, м;

$y$  – расстояние от внешней грани следа колеса до кромки проезжей части, м.

Значения основных геометрических характеристик расчетных автомобилей (длина, ширина, расстояние между осями, передний свес) представлены в таблице 4.4 [1].

Значения и на основе экспериментальных исследований определяются по эмпирическим формулам:

$$x = 0.3 + 0.1\sqrt{2 * V} \quad (7)$$

$$y = \sqrt{0.1 + 0.0075 * V} \quad (8)$$

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

Для легкового автомобиля это расчетная скорость для данной категории дороги ( $V_p$ ), а для грузового – максимально возможная техническая скорость движения ( $V_T$ ) при условии  $V_T \leq V_p$ .

Значения  $a$  и  $c$  для разных марок автомобилей принимают по справочным данным.

Ширина земляного полотна складывается из ширины ПЧ и обочин, принимают из таб. 5.1 [1], для установленной категории автомобильной дороги.

б) Расчет минимальных радиусов кривых в плане рассчитывают по следующей формуле в соответствии с п. 5.6 [1]:

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_{п.п.})} \quad (9)$$

где,  $\mu$  – коэффициент поперечной силы, определяемый по таблице 5.2[1];

$i_{п.п.}$  – поперечный уклон проезжей части в долях единицы, принимается для виража со знаком "плюс", для двускатного поперечного профиля – со знаком "минус".

Поперечный уклон на вираже рекомендуется назначать в соответствии с таб. 5.14 [1], в зависимости от радиуса кривых в плане.

б) Расчет переходной кривой.

В сложных условиях (трудные участки пересеченной и горной местности, застроенные территории, ценные сельскохозяйственные угодья, условия капитального ремонта и реконструкции) наименьшую длину переходной кривой, м, допускается определять по формуле:

$$L_{п.к.} = \frac{V^3}{47 * I * R}, \quad (10)$$

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

$I$  – нарастание центробежного ускорения при движении автомобиля на участке переходной кривой (принимается равным  $0,3 \text{ м/с}^3$ );

$R$  – радиус кривой, м.

$K$  дальнейшему проектированию принимается большее из двух полученных значений. Наименьшая длина переходных кривых приведена в таблице 5.4 СП 34.13330.2021 [1].

При сопряжении круговых кривых, направленных в одну сторону с помощью переходной кривой, наименьшую длину участка переходной кривой, м, следует определять по формуле:

$$L = \frac{V^3}{47 * I} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \quad (11)$$

где  $R_1$  и  $R_2$ , - радиусы кривых в плане, сопрягаемых переходной кривой, м. Скорость нарастания центробежного ускорения следует принимать по нормам меньшего радиуса сопрягаемых круговых кривых. Допускается не устраивать переходные кривые в условиях реконструкции, капитального ремонта автомобильных дорог.

Для получения значения переходной кривой и минимального радиуса кривой в плане вычисляют параметр переходной кривой:

$$A = \sqrt{R * L_{п.к.}}, \quad (12)$$

Сравнивают это значение с минимально допустимым значением параметра переходной кривой, которое вычисляют по формуле:

$$A_1 = 0.21\sqrt{V^3}, \quad (13)$$

где,  $V$  – расчетная скорость движения для данной категории дороги, км/ч.

Для проектирования принимают наибольшее значение.

Угол, составленный касательной к концу переходной кривой и осью абсцисс, вычисляют по формуле:

$$\varphi = \frac{L_{п.к.}}{2R}, \quad (14)$$

Координаты для разбивки переходной кривой, её элементов и всего закругления приведены в справочнике [10, 11].

7) Определение расстояния видимости.

$$S_{ост} = \frac{V_{расч} * t_p}{3,6} + \frac{V_{расч}^2 K_{эксп}}{254(\varphi \pm i)}, \quad (15)$$

где,  $S_{ост}$  - расчетное расстояние видимости покрытия проезжей части для остановки;

$V_{расч}$  - расчетная скорость движения в начале торможения, км/ч;



$t_p$  - время реакции водителя, принимаемое в зависимости от категории дороги:

- автомагистрали, скоростные дороги - 2,5 с;
- обычные дороги - 2,0 с.

$K_{\text{эксп}}$  - коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы автомобиля, =1,1;

$\varphi$  - расчетный коэффициент продольного сцепления, ед.;

$i$  - продольный уклон автомобильной дороги, доли ед.

На кривых в плане должна быть обеспечена видимость, достаточная для безопасной остановки автомобиля на многополосной проезжей части в крайней, внутренней по отношению к повороту оси трассы, полосе движения (при повороте налево - крайней левой полосе, при повороте направо - крайней правой полосе). Минимальное расстояние, достаточное для обеспечения видимости препятствия в точке С (рис.4), следует определять в соответствии с формулой (15)[1].

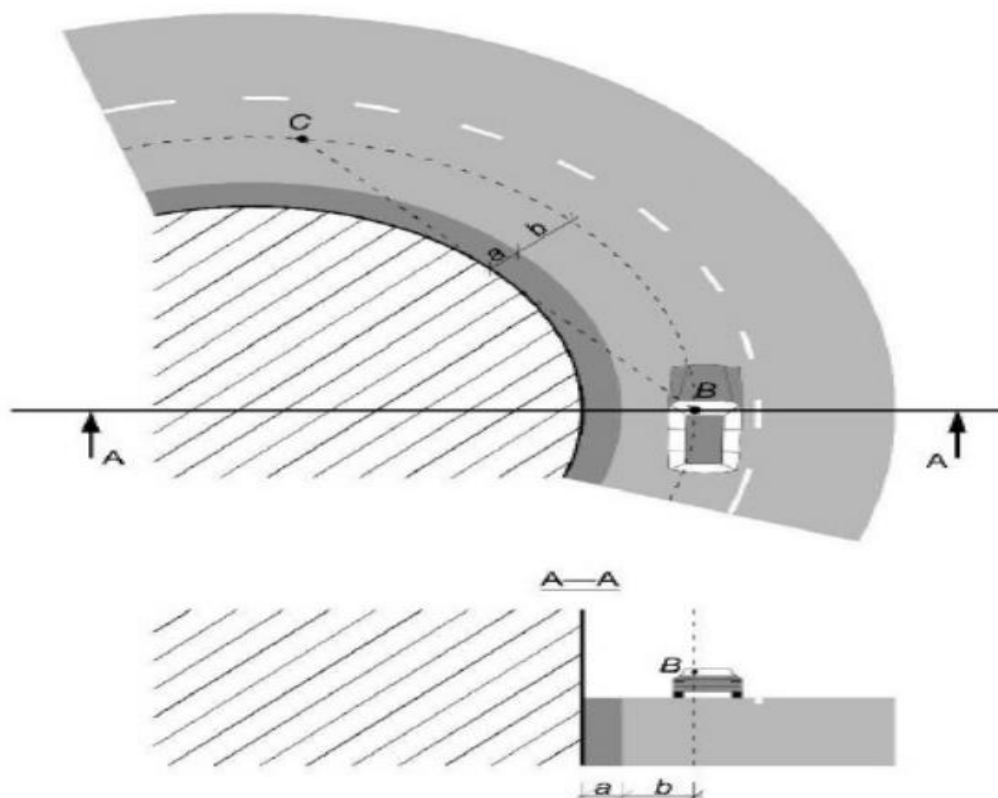


Рисунок 4. Видимость на кривых в плане, а - расстояние между кромкой полосы движения и препятствием (шумозащитный экран, барьерное ограждение, откос выемки и др.); В - положение глаз водителя; b - расстояние от положения

глаз водителя до кромки полосы движения ( $b=1,8$  м);  $S$  - положение препятствия на проезжей части.

#### 8) Определение минимальных радиусов выпуклых и вогнутых кривых.

Для более удобного (комфортного) и безопасного движения транспортного средства в переломы продольного профиля вписывают вогнутые и выпуклые вертикальные кривые. Радиус вертикальных выпуклых кривых определяется из условия обеспечения видимости поверхности дорожного полотна:

$$R_{min}^{вып} = \frac{S_1^2}{2 * h}, \quad (16)$$

где,  $h$  - высота до уровня глаз водителя легкового автомобиля над поверхностью, м,  $h = 1.0$  м, (п. 5.19 [1]).

Исходя из условия обеспечения видимости встречного автомобиля при обгоне грузового автомобиля радиус выпуклой вертикальной кривой вычисляется по формуле:

$$R_{min}^{вып} = \frac{S_3^2}{8 * h}, \quad (17)$$

где,  $S_3$  - расстояние видимости поверхности дороги, м, определенное ранее по схеме расчета расстояния видимости.

Радиус вертикальных вогнутых кривых определяется из условия допустимой перегрузки рессор, чтобы центробежное ускорение  $a_0$  не превышало  $0,5-0,7$  м/с<sup>2</sup>.

$$R_{min}^{вог} = \frac{V_p^2}{13 * a_0}, \quad (18)$$

где,  $V_p$  – расчетная скорость движения, км/ч.

Кроме того, производится расчет видимости на вертикальной вогнутой кривой при свете фар:

$$R_{min\text{ св.ф.}} = \frac{S_1^2}{2(h_{\phi} + S_1 \sin \frac{\alpha}{2})}, \quad (19)$$

где,  $h_{\phi}$  - высота фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части ( $h_{\phi} = 0,75$  м);

$\alpha$  – угол рассеивания пучка света фар ( $\alpha = 2^\circ$ ),  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx 0.0175$ .

Полученные данные ранее проведенных расчётов сводим в таб. 8.

## 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ В ПЛАНЕ

Проектирование плана трассы автомобильной дороги между заданными пунктами выполняют на топографической карте местности масштаба 1 : 25 000. С целью детальной проработки вариантов плана трассы и продольного профиля изменяют масштаб карты на 1 : 10 000. Для этого увеличивают карту местности с помощью множительной техники. Перед проложением трассы выясняют препятствия трассированию и контрольные точки. Препятствиями являются озера, населенные пункты, запретные зоны, заштрихованные на выданной карте. Контрольными точками могут быть места пересечения с железными и автомобильными дорогами, реками. Автомобильные дороги I-а категории пересекаются в разных уровнях с дорогами I-V категорий, дороги I-б, II категории – с дорогами I, II, III категорий, дороги III категории – с дорогами III при интенсивности движения в узле более 8000 приведенных автомобилей в сутки. Пересечение дорог в одном уровне выполняется под прямым или близким к прямому углом.

Трассу автомобильной дороги проектируют в виде плавной линии в пространстве с взаимным расположением элементов плана, поперечного и продольного профиля между собой и с окружающим ландшафтом, которые в свою очередь будут оценивать сочетание размеров элементов автомобильной дороги на безопасное движение и зрительное восприятие. Автомобильная дорога должна вписываться в ландшафт местности, отвечать условиям безопасного движения без снижения скоростного режима на всем протяжении движения.

Перед началом проектирования дороги в плане необходимо тщательно изучить прилагаемую к заданию топографическую карту (рельеф местности, наличие контурных и высотных препятствий). Выбор направления трассы определяется категорией дороги, особенностью рельефа местности, гидрологическими и иными условиями.

На карте с горизонталями необходимо запроектировать не менее двух вариантов трассы дороги между заданными пунктами. При этом определенные расчетом технические нормативы элементов трассы, принятые в таблице 8, следует рассматривать как минимально допустимые. Рекомендуется использовать нормативы, приведенные в [1, п.5.3], когда это не вызывает значительного роста объемов работ.

В случаях, когда выполнение требований п. 5.3[1] признается нецелесообразным, допускается снижение требований к нормам проектирования отдельных геометрических элементов плана и продольного профиля автомобильной дороги исходя из расчетной скорости движения.

К плану трассы предъявляются следующие основные требования:

1) Трассу дороги следует проектировать кратчайшей по длине (как можно ближе к «воздушной линии») с наименьшими объемами земляных работ и соблюдением норм проектирования;

2) Пересечение трассой железных дорог следует проектировать преимущественно на прямых участках; угол между пересекающимися дорогами должен быть не менее  $60^\circ$ ;

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

4) Промежуточные населенные пункты дороги I–III категории обходят на расстоянии не ближе 200 м от границы застройки с устройством подъездных дорог, дороги IV–V категорий желательнее пропускать через населенные пункты;

5) При обходе населенных пунктов дорогу следует, по возможности, прокладывать с подветренной стороны, ориентируясь на направление ветра в особо неблагоприятные с точки зрения загрязнения воздуха осенне-зимние периоды года в целях защиты населения от транспортного шума;

6) Под дорогу следует использовать худшие с точки зрения сельского хозяйства земли;

7) Леса и группы деревьев следует обходить только в степных районах, направление трассы дороги по возможности должно совпадать с направлением господствующих ветров в целях обеспечения естественного проветривания и уменьшения заносимости дороги снегом; трассу следует прокладывать с использованием существующих просек и противопожарных разрывов с учетом категории лесов;

8) Болота дорогами высоких категорий обходить не следует;

9) Не допускается проложение трассы дороги по государственным заповедникам и заказникам, а также зонам, отнесенным к памятникам природы и культуры;

10) Вдоль рек, озер и других водоемов трассу дороги следует прокладывать за пределами защитных зон;

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

При трассировании автомобильной дороги следует соблюдать общие принципы ландшафтного проектирования:

При обходе препятствий (контурных, высотных) направление трассы изменяют углом поворота, а перелом дороги для удобства и безопасности движения автомобилей смягчают вписыванием круговых и переходных кривых; вершины углов поворота необходимо располагать так, чтобы препятствие находилось внутри угла, а вершина угла была напротив препятствия, рекомендуется назначать углы поворота в пределах  $5...25^\circ$ .

Кривые в плане и продольном профиле, как правило, следует совмещать. При этом кривые в плане должны быть на 100-150 м длиннее кривых в продольном профиле, а смещение вершин кривых должно быть не более  $1/4$  длины меньшей из них.

Следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом кривых в продольном профиле. Расстояние между ними должно быть не менее 150 м.

Не рекомендуется короткая прямая вставка между двумя кривыми в плане, направленными в одну сторону. При длине менее 100 м рекомендуется заменять обе кривые одной кривой большего радиуса, при длине 100-300 м рекомендуется прямую вставку заменять переходной кривой большего параметра. Прямая вставка как самостоятельный элемент трассы допускается для дорог I и II категории при ее длине более 700 м, для дорог III и IV категории – более 300 м.

Переходные кривые следует предусматривать при радиусах кривых в плане 2000 м и менее.

Нельзя допускать устройства кривых минимально допустимого радиуса в конце затяжных спусков.

Между двумя заданными точками на топографической карте необходимо запроектировать участок дороги. Необходимо рассмотреть не менее двух вариантов трассы. Трасса должна гармонично вписываться в ландшафт местности; проектироваться по кратчайшему направлению с наименьшими объемами работ и соблюдением норм проектирования.

## **6. ВЕДОМОСТЬ УГЛОВ ПОВОРОТА, ПРЯМЫХ И КРИВЫХ**

Параметры круговых кривых можно вписать согласно [10], или рассчитать по следующим формулам:

$$T = R * tg \frac{\alpha}{2}; \quad (20)$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180} (K \approx 0.01754 * R \alpha); \quad (21)$$

$$Б = R \left( sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (22)$$

$$D = 2T - K. \quad (23)$$

где,  $R$  – радиус горизонтальной круговой кривой, м;

$\alpha$  – угол поворота трассы, °;

$K$  – длина кривой, м;

$B$  – биссектриса, м;

$D$  – домер, м.

Основные элементы закруглений с переходными кривыми, необходимые для разбивочных работ, определяют по формулам:

$$T_{\text{закр}} = (R + p) * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + m; \quad (24)$$

$$K_{\text{закр}} = \frac{\pi R \alpha}{180} + 2l; \quad (25)$$

$$\beta = \frac{l}{2R}, \alpha \geq 2\beta; \quad (26)$$

$$\gamma = \alpha - 2\beta. \quad (27)$$

где,  $\alpha$  - угол поворота круговой кривой;

$\beta$  - угол поворота на протяжении переходной кривой (угол клотоиды).

При этом углы  $\alpha$  и  $\beta$  рассчитываются в радианах, а подставляются в формулы в градусах.

$$B_{\text{закр}} = (R + p) * \operatorname{sec} \frac{\alpha}{2} - R; \quad (28)$$

$$D_{\text{закр}} = 2T_{\text{закр}} - K_{\text{закр}}. \quad (29)$$

где,  $l$  – длина переходной кривой, м;

$p$  – величина сдвижки, м;

$m$  - расстояние от начала переходной кривой до начала круговой кривой, м.

В этих формулах  $R$ ,  $l$  и  $\alpha$  – величины известные ( $R$  и  $l$  – назначаются,  $\alpha$  - измеряется), а значения  $p$ ,  $m$ ,  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  и  $\operatorname{sec} \frac{\alpha}{2}$  требуется определить.

Для практических целей достаточно взять:



Направления прямых участков определяются их азимутами или румбами. Название и величину румба определяют по значению магнитных азимутов линий трассы. Магнитным азимутом называется угол, измеряемый по часовой стрелке между направлением на север и направлением прямой линии трассы. Румб – это острый угол между ближайшим концом исходного меридиана и прямой линией трассы.

б) Нумеруют и измеряют углы поворота.

в) В ведомость рис. 6. записывают точки начала трассы (НТ), номера вершин углов (ВУ) и конца трассы (КТ).

г) Записывают значения углов поворота, вычисляют румбы или азимут всех последующих направлений трассы.

д) В зависимости от местных условий и в соответствии с принятыми нормативами назначают радиус круговой кривой и по таблицам [10] определяют основные элементы кривой: тангенс (Т), длину кривой (К), биссектрису (Б), домер (Д).

е) Измеряют расстояние между точками НТ и ВУ № 1 (ВУ № 1 и ВУ № 2, ВУ № 2 и ВУ № 3 и т. д.). Пикетажное положение ВУ № 1 определяют как пикетажное положение предыдущей вершины угла поворота (в первом случае это точка НТ) плюс расстояние между вершинами углов поворота и минус домер предыдущего угла поворота (в первом случае  $D=0$ ), в последующих он определяется по формуле (32):

$$ПК_{ВУi} = ПК_{ВУ(i-1)} + L_{мвУi} + D_{i-1}, \quad (32)$$

ж) Определяют расчетом пикетажное положение начала круговой кривой ( $ПК_{нк}$ ) как пикетажное положение вершины угла поворота минус тангенс круговой кривой (формула 33):

$$ПК_{нкi} = ПК_{ВУi} + T_i, \quad (33)$$

з) Определяют расчетом пикетажное положение конца круговой кривой ( $ПК_{кк}$ ) как пикетажное положение начала круговой кривой плюс длина круговой кривой (формула 34):

$$ПК_{ккi} = ПК_{нкi} + K_i, \quad (34)$$

и) Определяют расчетом длину прямой вставки ( $L_{прi}$ ) как пикетажное положение конца предыдущей круговой кривой минус пикетажное положение начала круговой кривой (формула 35):

$$L_{прi} = ПК_{кк(i-1)} - ПК_{нкi}, \quad (35)$$



к) в таком же порядке определяют необходимые данные и по остальным вершинам углов поворота трассы, включая точку конца трассы (КТ).

л) После составления ведомости углов поворота, прямых и кривых производят проверку результатов:

Проверки:

$$L_{\text{дор}} = \sum \Pi_i + \sum K_i ; \quad (36)$$

$$L_{\text{дор}} = \sum L_i - \sum D_i . \quad (37)$$

Точность измерения длин по карте – 1 м, углов – 10 мин. Значения параметров кривых, длин вставок, пикетажного положения точек должны быть вычислены с точностью до 0,01 м.

## 7. СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ

**Цель раздела:** Определить оптимальный вариант плана трассы, для дальнейшего проектирования строительства участка автомобильной дороги.

Выбор проектируемого участка трассы в плане производят на основе сравнения результатов сведенных в таб. 9.

Таблица 9

Сравнение вариантов трассы

№ п/п	Наименование показателей	Величина показателя варианта		Оценка варианта «+» или «-»	
		I	II	I	II
1.	Длина трассы, км				
2.	Коэффициент удлинения трассы				
3.	Количество углов поворота				
4.	Наименьший радиус поворота, м				

5.	Наибольший радиус поворота, м				
6.	Протяженность участков, неблагоприятных для проложения трассы (болота, крутые косогоры и др.)				
7.	Количество, шт.:  Водопрпускных труб  Мостов  Путепроводов  Пересечений с автомобильными или железными дорогами в одном уровне  Пересечений с автомобильными или железными дорогами в разных уровнях  Съездов с дороги				
8.	Протяженность трассы вблизи населенных пунктов, км				
9.	Протяженность трасы по территориям сельскохозяйственных угодий, км				

Результатом сравнения двух вариантов, будет выбор одного плана трасы, который будет наилучшим образом вписан в ландшафт местности и по трудозатратам будет более предпочтительным.

## Заключение

Приведенные рекомендации призваны оказать помощь обучающимся в организации процесса подготовки курсового проекта и формировании методического обеспечения, необходимого для ее выполнения и защиты. При выполнении курсового проекта обучающийся систематизирует, закрепляет и углубляет теоретические знания, полученные в процессе обучения по основной образовательной программе.

Данные методические рекомендации содержат указания по каждому этапу выполнения курсового проекта, это позволит избежать распространенных ошибок и сконцентрировать внимание обучающихся на наиболее важных вопросах при выполнении курсового проекта и подготовке к процедуре ее защиты.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) «Автомобильные дороги». Могут быть использованы при обучении студентов бакалавров, а также специалистами-проектировщиками. Итогом курсового проекта должен быть сам проект, демонстрация умений самостоятельно работать с нормативно-технической документацией для решения конкретных инженерных задач, с использованием современных разработок и технических устройств, которые используются при проектировании автомобильных дорог.

## Список литературы

1. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги : дата введения 2021-08-10. – URL: [https://geospan.gexa.ru/assets/files/sp-34.13330.2021-avtomobilnye-dorogi\(1\).pdf](https://geospan.gexa.ru/assets/files/sp-34.13330.2021-avtomobilnye-dorogi(1).pdf). (дата обращения: 12.02.2024).
2. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : дата введения 2021-06-25. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>. (дата обращения: 12.02.2024).
3. Щукин, И. С. Общая геоморфология : в 3 томах. Том 1 / И. С. Щукин. – 2-е издание. – Москва : Московский ГУ, 1960. – 616 с.
4. Кинг, Л. Морфология Земли: изучение и синтез сведений о рельефе Земли / Л. Кинг ; перевод с английского: Б. В. Бондаренко. – Москва : Прогресс, 1967. – 560 с.
5. Рычагов, Г. И. Общая геоморфология / Г. И. Рычагов. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : Московский ГУ : Наука, 2006. – 116 с. (Классический университетский учебник).
6. ГОСТ 33063-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов : межгосударственный стандарт : издание официальное : дата введения 2015-12-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200123494> (дата обращения: 12.02.2024).
7. ГОСТ Р 52398-2022 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : отмененен : дата введения 2006-05-01. – URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=129150> (дата обращения: 12.02.2024).
8. ГОСТ Р 52399-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : дата введения 2022-04-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200182839> (дата обращения: 12.02.2024).
9. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока : межгосударственный стандарт : издание официальное : дата введения 2016-09-08. - Москва : Стандартинформ, 2018. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293752/4293752127.pdf>. (дата обращения: 12.02.2024).
10. Митин, Н. А. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах / Н. А. Митин. - Москва : Недра, 1978. – URL: <https://dwg.ru/dnl/11975>. (дата обращения: 12.02.2024).

11. Ксенодохов, В. И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог / В. И. Ксенодохов. - Москва : Транспорт, 1981. – URL: <https://dwg.ru/dnl/9704>. (дата обращения: 12.02.2024).

## Требования к оформлению проекта

Пояснительная записка – документ, содержащий систематизированные данные о выполненной студентом проектной, научной или исследовательской работе. Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать особенности проекта, отражать методы исследования, принятые методы расчета и сами расчеты, технико-экономическое сравнение вариантов и сопровождаться иллюстрациями, диаграммами, схемами и т. п.

Состав и содержание пояснительной записки могут быть различными. Но в большинстве случаев она включает следующие составные части (в общем виде):

- титульный лист;
- задание на курсовое проектирование;
- содержание;
- введение;
- обоснование категории дороги и технических нормативов;
- трассирование автомобильной дороги на карте;
- проектирование продольных профилей;
- проектирование поперечных профилей и назначение конструкции дорожной одежды;
- перечень использованной литературы;
- приложения.

Пояснительная записка выполняется на одной стороне листов бумаги формата А4 (210×297 мм) с использованием текстового редактора Microsoft Word, в одну колонку, со следующими установками:

1) параметры страниц: поля – верхнее, нижнее и правое по 1,5 см, левое – 3,0 см; колонтитулы от края – 1,25 см; ориентация книжная (допустима альбомная ориентация для отдельных страниц).

2) шрифт Times New Roman, размер 14, междустрочный интервал полуторный, перенос слов в документе автоматический.

3) при вставке формул использовать редактор Microsoft Equation, при установках: элементы формулы, кроме символов, выполняются курсивом; для греческих букв и символов назначать шрифт Symbol, для остальных элементов

шрифт Times New Roman. Размер базовых символов формулы (суммы, интегралы и проч.) – 16, строчных – 14 и всех остальных – 12 пт.

В состав графической части входят следующие чертежи:

- план вариантов трассы;
- основной (выбранный согласно технико-экономическим показателям) продольный профиль (вариант трассы №1);
- поперечные профили.

Все чертежи должны иметь необходимые надписи и размеры. Чертеж должен быть ясным, четким и равномерно заполненным.