

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ МАДИ

дисциплина **«Основы проектирования автомобильных дорог»**

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания к курсовому проектированию
по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги»
всех форм обучения

Чебоксары

Вязова Е.В. Основы проектирования автомобильных дорог. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги» всех форм обучения / Е.В.Вязова, Чебоксары: Волжский филиал МАДИ – 73 с.

В методическом указании изложен методический материал по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» на тему «Основы проектирования автомобильных дорог».

Методическое указание содержит исходные данные, последовательность проектирования элементов автомобильной дороги, земляного полотна, оформление чертежей и пояснительной записки. Приведены справочные таблицы, образцы графической части, нормативные данные.

Методическое указание предназначено облегчить выполнение расчетов, проводимых во время курсового проектирования и обеспечить студентов необходимыми нормативными данными, графиками, таблицами для принятия правильных и обоснованных решений.

Указание составлено для выполнения курсового проектирования для студентов направления подготовки 08.03.01. «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги».

ОГЛАВЛЕНИЕ:

	Стр
Цели и задачи курсового проектирования	5
Общие положения	5
Глава 1. Общая характеристика района проектирования	7
1.1. Экономическая характеристика района строительства	7
1.2. Климатическая характеристика района строительства	7
1.3. Расчет интенсивности движения	7
1.4. Основные технические показатели автомобильной дороги	10
Глава 2. Проектирование плана трассы	13
2.1. План трассы	13
2.1.1. Проектирование плана трассы по «воздушной линии»	15
2.1.2. Построение тангенциального хода трассы	16
2.1.3. Вписывание кривых в углы ломаного хода	19
2.1.4. Вписывание круговых кривых с переходными кривыми	21
2.1.5. Оформление плана трассы	29
Глава 3. Продольный профиль	30
3.1. Вычерчивание продольного профиля	30
3.2. Нанесение грунтового профиля	31
3.3. Исходные данные для нанесения проектной линии	33
3.4. Определение величины рекомендуемой рабочей отметки	34
3.5. Проектная линия в разных условиях рельефа	36
3.6. Проложение ломаного хода продольного профиля дороги (метод тангенсов)	37
3.6.1. Правила и методы нанесения проектной линии	37
3.6.2. Построение ломаного хода	37
3.6.3. Вписывание вертикальных кривых	38
3.6.4. Вычисление проектных отметок	40
3.6.5. Проектная линия на пересечении водотоков	41
3.7. Оформление продольного профиля	42
Глава 4. Земляное полотно	43
4.1. Понятия поперечный профиль, прочность земляного полотна, устойчивость	43
4.2. Требования, предъявляемые к земляному полотну	45
4.3. Типовые поперечные профили земляного полотна	47
4.4. Вычерчивание поперечного профиля земляного полотна	49
Список литературы	62
Приложение 1. Титульный лист	63
Приложение 2. Задание на курсовой проект №1	64
Приложение 3. Образец углового штампа на листах пояснительной записки	65
Приложение 4. Образец углового штампа на 1-м листе содержания пояснительной записки	66

Приложение 5. Образец углового штампа на листах графической части	67
Приложение 6. Дорожно-климатическое районирование	68
Приложение 7. Элементы круговых кривых при $R = 1000$ м	69
Приложение 8. Пример оформления плана трассы	70
Приложение 9. Пример оформления продольного профиля автодороги	71
Приложение 10. Пример оформления поперечных профилей земляного полотна	72
Приложение 11. Сетка продольного профиля	73

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методические указания по выполнению курсового проекта включают в себя общие требования по оформлению пояснительной записки и чертежей проекта с необходимыми пояснениями, примерами и рекомендациями.

Курсовой проект работа должна быть творческим трудом каждого студента; приведенные в указанных методических указаниях последовательность, объем и методика выполнения расчетов носят рекомендательный характер и не преследуют целей сковывания творческого подхода и инициативы, за исключением той части проекта, содержание и исполнение которой определены действующими нормами, СНиПами, ГОСТами.

В методических указаниях изложена структура, основные этапы и последовательность разработки выпускной квалификационной работы.

Указания могут быть использованы студентами и преподавателями в работе над выпускной квалификационной работой.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе выполнения курсового проекта должен:

иметь практический опыт

- геологических и геодезических изысканий;
- выполнять разбивочные работы.

уметь:

- выполнять работу по проложению трассы на местности и восстановлению трассы в соответствии с проектной документацией;
- вести и оформлять документацию изыскательской партии;
- проектировать план трассы продольные и поперечные профили дороги;
- производить технико-экономические сравнения;
- пользоваться современными средствами вычислительной техники;
- пользоваться компьютерными программами по проектированию автомобильных дорог и аэродромов;
- оформлять проектную документацию.

знать:

- изыскания автомобильных дорог и аэродромов, включая геодезические и геологические изыскания;
- определение экономической эффективности проектных решений;
- оценку влияния разрабатываемых проектных решений на окружающую среду.

Требования к структуре курсового проекта

По структуре курсовой проект состоит из:

- введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируется цель работы, указываются используемые прикладные программы;
- расчетно–пояснительной записки, в которой приводятся все необходимые проектные решения, соответствующие расчеты, ведомости, схемы и пояснения;
- заключения;
- списка используемых информационных источников;
- чертежей - по разработанным проектным решениям.

Организация выполнения курсового проекта

Общее руководство и контроль хода выполнения курсового проекта осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

Задание выдается преподавателем индивидуально каждому студенту. Приветствуется разработка проектных решений на основании действующих норм с применением различных программных комплексов.

По завершении студентом курсового проекта руководитель проверяет, подписывает его и вместе с письменным отзывом отдает студенту для ознакомления. После исправления замечаний студент допускается к защите курсового проекта.

Курсовой проект оценивается по пятибалльной системе.

Рекомендации по оформлению курсового проекта

Курсовой проект разрабатывается студентом самостоятельно согласно выданного преподавателем задания.

Курсовой проект должен содержать:

- титульный лист (Приложение 1);
- задание;
- содержание;
- расчетно-пояснительную записку, состав которой приведен в задании на курсовой проект (Приложение 2).
- перечень использованных при проектировании информационных источников;

Титульный лист должен содержать:

- наименование образовательного учреждения;
- наименование специальности;
- наименование учебной дисциплины;
- тему проекта;
- учебную группу, фамилию и инициалы студента;
- фамилию и инициалы руководителя проекта;
- год разработки проекта.

Титульный лист не нумеруется.

Расчетно–пояснительная записка должна быть отпечатана в рамке (Приложение 3) с одной стороны листа А4 (210 х 297мм) с полями: левое 20мм, правое – 5мм, верхнее – 5мм, нижнее – 5мм.

Размер шрифта - 14, пробел между строками - 1,0 интервал. В таблицах размер шрифта – читаемый, на усмотрение студента.

Таблицы, формулы, рисунки нумеруются по порядку для всего проекта.

Заголовки и подзаголовки, как и весь текст, набираются только строчными буквами - по центру, жирным шрифтом.

Текст расчетно–пояснительной записки должен быть выровнен по ширине листа.

Для наглядности в данных методических указаниях примеры приведены курсивом. Курсив в расчетно-пояснительной записке – не разрешается.

Пример оформления рамки расчетно-пояснительной записки и содержания (1 лист) представлен (Приложение 3,4).

Глава 1. Общая характеристика района проектирования

1.1. Экономическая характеристика района строительства

Экономическая характеристика района строительства включает в себя:

- краткую характеристику развития района проведения дорожно-строительных работ;
- развитие транспорта и дорожной сети на рассматриваемой территории.

Указанные сведения при реальном проектировании собираются в процессе проведения изысканий дороги, а при выполнении учебных проектов принимаются по энциклопедиям.

1.2. Климатическая характеристика района строительства

Природно-климатические условия содержат описание:

- климата;
- рельефа;
- растительности и почв;
- инженерно-геологических условий;
- гидрологии;
- гидрогеологии;
- полезных ископаемых.

1. 3. Расчет интенсивности движения

Категория проектируемой дороги устанавливается по СП 34.13330-2012 «Автомобильные дороги». Её назначают по расчётной интенсивности движения, измеряемой в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед./сут).

Расчётной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимают год сдачи проекта в эксплуатацию [5]. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий.

В районах, где развитие экономики идёт опережающими дорожное строительство темпами, расчёт перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости.

При определении категории дороги сначала определяют перспективную интенсивность движения в транспортных единицах

$$N = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{p}{100} \right)^t, \quad (1)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность движения, авт./сут; p – ежегодный прирост, %; t – перспективный период, равный 20 годам.

Данные берутся из задания на проектирование (выдается преподавателем).

Например,

$$N = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{p}{100} \right)^t = 1346 \cdot \left(1 + \frac{8,6}{100} \right)^{20} = 7010 \text{ авт./сут}$$

Расчёт перспективной интенсивности движения производят в табличной форме (пример).

В колонки 2 и 3 из задания на проектирование заносят названия транспортного средства и соответствующий ему процент в общем потоке p_m . В строке «Итого» для колонки 3 должно получиться число 100.

Например:

Таблица 1

Определение расчётной интенсивности движения в табличной форме

m	Вид транспортного средства	p_m , %	N_m , авт./сут	K_m	$N_m \cdot K_m$, привед.ед./сут
1	Легковые	85	5960	1	5960
2	Грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	3	210	1,3	273
	от 2 до 6 т	4	280	1,4	392
	от 6 до 8 т	3	210	1,6	336
	от 8 до 14 т	2	140	1,8	252
3	Автопоезда до 12 т	2	140	1,8	252
4	Автопоезда от 12 до 20 т	-	-	2,2	-
5	Автобусы большие	1	70	3,0	210
	Итого:	100	7010	-	7675

Затем определяют интенсивность движения автомобилей каждого типа в потоке по формуле

$$N_m = N \frac{p_m}{100}, \quad (2)$$

где p_m – процент автомобилей каждого типа. Значения заносят в колонку 4, при этом их округляют до целых чисел так, чтобы в сумме (в строке «Итого» для колонки 4) получилось число, найденное по формуле (2).

В рассматриваемом примере – 7010 авт./сут.

В колонку 5 заносят коэффициенты приведения, взятые из табл. 2 (табл. 4.2 СП 34.13330-2021). С помощью них транспортный поток моделируют потоком, состоящим только из легковых автомобилей.

Таблица 2

Коэффициенты приведения для различных транспортных средств			
Тип транспортного средства	Грузоподъёмность, т	Вместимость автобусов	Коэффициент приведения K_m
Легковые автомобили, мотоциклы и микроавтобусы	-	-	1
Грузовые автомобили	до 2 включительно	-	1,3
	От 2 до 6	-	1,4
	От 6 до 8	-	1,6
	От 8 до 14	-	1,8
Автопоезда	до 12 включительно	-	1,8
	от 12 до 20	-	2,2
	от 20 до 30	-	2,7
	свыше 30	-	3,2
Автобусы	-	малая	1,4
	-	средняя	2,5
	-	большая	3
Автобусы сочленённые и троллейбусы	-	-	4,6

Затем вычисляют интенсивность движения каждого вида транспортного средства в приведённых автомобилях: $N_m \cdot K_m$ [прив. л. ед./сут] и заносят в колонку 6, предварительно округлив числа до целых значений.

Сложив значения столбика 6, получают расчётную перспективную интенсивность

$$N_{\text{расч}} = \sum_{m=1}^M N_m K_m, \quad (3)$$

где M – количество типов транспортных средств в потоке (в примере $M = 8$). Её помещают в строку «Итого» для колонки 6.

По значению $N_{\text{расч}}$ согласно табл. 4.3 СП 34.13330-2021 назначают категорию дороги.

Таблица 4

Классификация автомобильных дорог по интенсивности движения		
Класс дороги	Категория дороги	Расчётная интенсивность движения, прив.легк.ед./сут
Автомагистраль	IA	Свыше 14000
Скоростная дорога	IB	
Дорога обычного типа	IV	
	II	Свыше 6000 - для федеральных дорог От 6000 до 14000 - для других дорог
	III	Свыше 2000 до 6000
	IV	Свыше 200 до 2000
	V	до 200

1.4. Основные технические показатели автомобильной дороги

На следующем этапе необходимо заполнить таблицу «Основные технические показатели автомобильной дороги» (табл.5). Данные принимаются согласно норм СП 34.13330-2021 «Автомобильные дороги» и ГОСТ Р 52399-2005 «Геометрические элементы автомобильных дорог». В неё заносят перспективную интенсивность движения (измеряемую в авт./сут), расчётную перспективную интенсивность движения (измеряемую в прив. ед./сут) и категорию дороги.

Расчётную скорость движения автомобилей принимают в зависимости от установленной категории дороги и рельефа местности по табл. 2.5 (взятой из СП 34.13330-2012, табл. 5.1). Также заносят расчётную скорость движения для трудных участков.

К трудным участкам пересечённой местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами с разницей отметок долины и водоразделов более 50 м на расстоянии не свыше 0,5 км с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами.

Показатели 6 – 11 назначают по табл. 5.12 СП 34.13330-2021.

Показатель 12 (ширину укреплённой части обочины) принимают по табл.3 ГОСТ 52399-2005.

Поперечные уклоны проезжей части (показатель 13) назначают по табл. 5.16 СП 34.13330-2021 в зависимости от дорожно-климатической зоны и категории дороги.

Проезжую часть предусматривают с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках и на кривых в плане:

- радиусом 3000 м и более - для дорог категории I,
- радиусом 2000 м и более – для дорог других категорий.

Поперечные уклоны обочин (показатель 14) принимают согласно п. 5.32 СП 34.13330-2012.

Наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профиле и наибольший продольный уклон (показатели 15 – 21) принимают по табл. 5.3 СП 34.13330-2021 в зависимости от назначенной расчётной скорости движения автомобилей. Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках, задают по значению расчётной скорости движения для трудных участков из табл.5.3 СП 34.13330-2021.

Расчётные расстояния видимости в продольном профиле (показатель 22) также принимают по табл. 5.9 СП 34.13330-2021.

Таблица 5

Основные технические показатели автомобильной дороги

№№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1	Категория дороги		
2	Перспективная интенсивность движения	авт./сут	
3	Расчётная интенсивность движения	прив. ..легк.ед./сут	
4	Расчётная скорость движения	км/ч	
5	Расчётная скорость движения на трудных участках	км/ч	
6	Число полос движения	шт	
7	Ширина полосы движения	м	
8	Ширина проезжей части	м	
9	Ширина обочин	м	
10	Ширина краевой полосы	м	
11	Ширина земляного полотна без ограждений	м	
12	Ширина укрепленной части обочины	м	
13	Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии)	‰	
14	Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы		
15	Наименьшие радиусы кривых в плане	м	
16	Наименьшие радиусы кривых в плане, допускаемые на трудных участках	м	
17	Наибольший продольный уклон	‰	
18	Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	
19	Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	
20	Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках)	м	
21	Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля	м	
22	Расчётные расстояния видимости в продольном профиле:	м	
	для остановки		
	для встречного автомобиля		
	при обгоне		

Например:

Цель строительства новой дороги - обеспечение интенсивных автомобильных, пассажирских и грузовых перевозок между населенными пунктами, благодаря сокращению расстояния между этими населенными пунктами и расхода топлива.

Строительство автомобильной дороги будет способствовать развитию экономики области.

Согласно выданному заданию принят состав движения автотранспорта в районе проектирования дороги (табл. 1) и годовая грузонапряженность $Q_{год}=750$ тыс. т.

Таблица 1

Состав движения грузовых автомобилей	
Грузоподъёмность, т	Процент в общем потоке, %
до 2	17
2 - 5	28
5 - 8	26
8-14	15
более 14	14

Среднегодовая интенсивность движения грузовых автомобилей определяется по формуле (1):

$$N_{гр} = \frac{Q_{год}}{q_{ср} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot T_{раб}} \quad (1)$$

где: $Q_{год}$ – грузонапряжённость, т / год; $q_{ср}$ – средняя грузоподъёмность, т, определяется по формуле (2); γ – коэффициент использования грузоподъёмности автомобилей ($\gamma = 0,84$); β – коэффициент использования пробега автомобилей ($\beta = 0,6$); $T_{раб}$ – расчётное число дней работы автотранспорта в году (275 дней).

Среднюю грузоподъёмность определяем по формуле (2):

$$q_{ср} = q_1 \cdot a_1 + q_2 \cdot a_2 + \dots + q_n \cdot a_n \quad (2)$$

где a_1 – доля автомобилей в суточном грузопотоке, %; q – грузоподъёмность, т.

$$q_{ср} = 2 \cdot 0,17 + 5 \cdot 0,28 + 8 \cdot 0,26 + 14 \cdot 0,15 + 18 \cdot 0,14 = 8,44 \text{ т}$$

$$N_{гр} = \frac{750000}{8,44 \cdot 0,84 \cdot 0,6 \cdot 275} = 641 \text{ авт/сут}$$

Интенсивность движения грузовых автомобилей, выполняющих мелкие перевозки по хозяйственно – эксплуатационному обслуживанию производства и населения определяем по формуле (3):

$$N_x = a \cdot N_{гр} \quad (3)$$

где $a = 0,35$ – доля интенсивности движения автомобилей, выполняющих мелкие перевозки по хозяйственно – эксплуатационному обслуживанию производства и населения.

$$N_x = 0,35 \cdot 641 = 224 \text{ авт/сут}$$

Интенсивность специальных машин определяем по формуле (4):

$$N_c = \beta \cdot N_{гр} \quad (4)$$

где $\beta = 0,1$ – доля интенсивности движения специальных автомобилей.

$$N_c = 0,1 \cdot 641 = 64 \text{ авт/сут}$$

При отсутствии специальных обследований легковых автомобилей и автобусов интенсивность движения рассчитывается от суммарной грузовой по формулам (5), (6):

$$N_l = c \cdot (N_{гр} + N_x + N_c) \quad (5)$$

где $c = 0,8$ – доля интенсивности движения легковых автомобилей.

$$N_a = d \cdot (N_{гр} + N_x + N_c) \quad (6)$$

где $d = 0,2$ – доля интенсивности движения автобусов.

$$N_l = 0,8 \cdot (641 + 224 + 64) = 743 \text{ авт/сут}$$

$$N_a = 0,2 \cdot (641 + 224 + 64) = 186 \text{ авт/сут}$$

Суммарная годовая суточная интенсивность движения рассчитывается по формуле (7):

$$N_{сум} = N_{гр} + N_x + N_c + N_l + N_a \quad (7)$$

$$N_{сум} = 641 + 224 + 64 + 743 + 186 = 1858 \text{ авт/сут}$$

Определим расчетную максимальную среднесуточную интенсивность по формуле (8):

$$N_{max} = N_{сум} \cdot \eta \quad (8)$$

где η - коэффициент неравномерности движения, определяемый по формуле (9):

$$\eta = \frac{12 \cdot Q_{\text{мес}}}{Q_{\text{год}}} \quad (9)$$

где $Q_{\text{мес}}$ – объем перевозок наиболее напряженного в году месяца в тысячах тонн

$$\eta = \frac{12 \cdot 65000}{700000} = 1,04$$

$$N_{\text{max}} = 1858 \cdot 1,04 = 1932 \text{ авт/сут}$$

Вывод: Согласно СП 34.13330-2012 «Автомобильные дороги» рассчитанная интенсивность движения 1932 авт/сут. соответствует автомобильной дороге IV технической категории, технические параметры которой сведены (табл.2).

Таблица 2

Технические показатели проектируемого участка автомобильной дороги

№ п/п	Наименование показателей	Показатели	
		СП 34.13330.2021	Принято
1	Расчетная перспективная среднесуточная интенсивность движения, авт/сут	401-2000	1932
2	Категория дороги	IV	IV
3	Расчетная скорость, км/ч	80	80
4	Число полос движения	2	2
5	Ширина полосы движения, м	3,0	3,0
7	Ширина проезжей части, м	6,0	6,0
8	Ширина земляного полотна, м	10	10
9	Ширина краевых укрепительных полос, м	0,5	0,5
10	Рекомендуемый продольный уклон, ‰	≤ 30	≤ 30
11	Наибольший продольный уклон, ‰	50	50
12	Радиус кривых в плане, м:		
	- рекомендуемый	3000	3000
	- наименьший	300	600
13	Радиус вертикальных кривых в продольном профиле, м:		
	- выпуклые рекомендуемые	≥ 70000	
	- выпуклые наименьшие	5000	5000
	- вогнутые рекомендуемые	≥ 8000	
	- вогнутые наименьшие	2000	2000
14	Рекомендуемые длины вертикальных кривых, м:		
	- выпуклые	≥ 300	≥ 300
	- вогнутые	≥ 100	≥ 100
15	Наименьшая расчетная видимость, м:		
	- поверхность дороги	450	450
	- встречного автомобиля	750	750

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ

2.1. План трассы

Проектирование плана трассы автомобильной дороги включает в себя:

- выбор направления вариантов трассы дороги по топографической карте или плану;
- учет принципов ландшафтного проектирования, клотоидного трассирования и охраны окружающей среды;
- назначение радиусов кривых в плане;
- обеспечение безопасности движения на кривых в плане;

- описание вариантов трассы;
- сравнение вариантов трассы;
- оформление чертежа плана трассы (Приложение 8).

При выборе положения трассы дороги необходимо учитывать топографические, инженерно-геологические, климатические и социально-экономические условия местности.

Дорожное строительство сопутствует всем работам по освоению новых сельскохозяйственных территорий, по разработке больших месторождений полезных ископаемых и по строительству новых крупных промышленных районов.

Грузы, перевозимые по определённым направлениям в соответствии с потребностями народного хозяйства, создают грузопоток разной величины.

Дороги, соединяющие населённые пункты, промышленные центры, сельскохозяйственные районы с погрузочно-разгрузочными пунктами, других видов транспорта, образуют сеть автомобильных дорог.

Основной характеристикой движения по дорогам принимают общее количество автомобилей, проходящее через некоторое сечение дороги за единицу времени (*час, сутки*) - называемое *интенсивностью движения*.

Положение автомобильной дороги на местности зависит от рельефа (*горы, овраги*), водных преград (*реки, озёра, болота*), заповедников ценные сельскохозяйственных земель и других факторов. Поэтому дорога имеет огромное количество поворотов (*углов*) и в плане смотрится как ломаная линия. Для удобства и безопасности движения изломы смягчают, вписывая в их углы дуги окружности или кривые с постоянно изменяющимися радиусами кривизны (*переходные кривые*).

Трасса дороги – это пространственная линия оси автомобильной дороги, проложенная на местности. Её проекция на горизонтальную плоскость (топографическую карту) называется *планом трассы*.

Современная автомобильная дорога должна обеспечивать удобное, безопасное и экономичное движение автомобильного транспорта и в то же время обладать высокими эстетическими качествами. Обеспечение указанных требований достигается применением при проектировании принципов ландшафтного проектирования и соблюдением рекомендуемых СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» технических нормативов для данной категории дороги.

Перед тем как приступить к трассированию, необходимо тщательно изучить предлагаемую к заданию топографическую карту (масштаб, топографические знаки, характер рельефа местности, линейные, высотные и контурные препятствия и т.д.).

Выбор направления трассы между заданными пунктами определяется категорией дороги, особенностью рельефа местности, гидрологическими и топографическими условиями.

По возможности, выполняя различные рекомендации по трассированию, следует стремиться к сокращению длины дороги, т.е. к приближению её к воздушной линии – отрезку, соединяющему заданные пункты.

2.1.1. Проектирование плана трассы по «воздушной линии»

Направление трассы по «воздушной линии» – кратчайший путь между двумя пунктами, которые необходимо связать автомобильной дорогой.

С помощью карандаша и линейки на карте проводят прямую линию, соединяющую точки начала и конца трассы дороги.

От начальной точки трассы воздушную линию разбивают раствором циркуля на отрезки, равные одному пикету, и наносят километровые знаки (рис. 1).

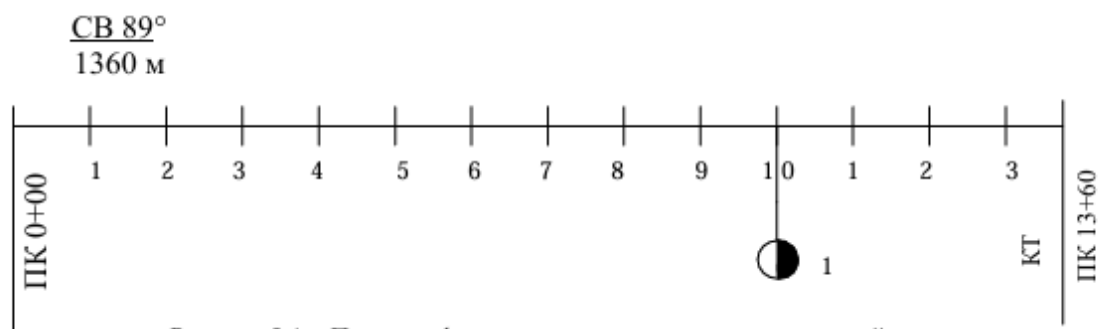


Рис.1. Пример оформления плана трассы по воздушной линии

Пикет (фр. *piquet* – кол, колышек) – точка разметки расстояния на автомобильных дорогах с шагом в 100 м.

Плюсовой точкой называют характерную точку на местности, расположенную между двумя соседними пикетами, расстояние до которой отмеряют от предыдущего пикета.

В соответствии с правилами оформления трассы полные значения пикетов записывают только на пикетах, кратных 10. На остальных – указывают только последнюю цифру пикета.

Подписывают пикетажное положение начала трассы (НТ ПК 0+00) и конца трассы, например КТ ПК 13+60. После знака «+» указывают расстояние в метрах от предыдущего пикета. Также подписывают румб направления трассы.

В пояснительной записке приводят описание трассы по «воздушной линии». В нём указывают длину трассы, общее направление трассы (румб), плюсовые точки пересечения воздушной линии с существующими автомобильными и железными дорогами, водными объектами (реками, ручьями и оврагами), границы прохождения трассы по населённым пунктам, лесу, кустарникам и т.д.

В конце описания делают заключение о возможности (или невозможности) трассирования по «воздушной линии», указывают основные причины, препятствующие проложению трассы по этому варианту.

2.1.2. Построение тангенциального хода трассы

Чаще всего провести трассу по воздушной линии не удастся из-за различных преград. Трассу приходится отклонять от воздушной линии и предусматривать 2-3 варианта. При этом должны соблюдаться нормативные требования, основные из которых приведены ниже.

Речные преграды следует преодолевать перпендикулярно направлению течения воды. Для судоходных рек в соответствии с СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» отклонение от прямого угла допускается не более 10° .

Тип пересечения с автодорогами зависит от категории пересекаемых дорог и суммарной интенсивности движения автотранспорта. В разных уровнях осуществляется пересечение автомобильных дорог п. 6.20 СП 34.13330.2012:

- категорий Ia, Ib и с числом полос 6 и более категории Iv с другими дорогами;
- категории Iv с дорогами, интенсивность движения на которых превышает 1000 прив. ед./сут;
- категории II и III между собой при суммарной расчётной интенсивности движения более 12000 прив. ед./сут.

Пересечения и примыкания дорог в одном уровне рекомендуется выполнять под прямым или близким к нему углом.

Автомобильные дороги I-III категорий пересекают железные дороги в разных уровнях.

Автомобильные дороги IV и V категории пересекают железные дороги, как правило, в одном уровне. Случаи пересечения в разных уровнях изложены в СП 34.13330.2012, п.6.31.

Угол пересечения дорог в одном уровне должен быть не менее 60° и как можно ближе к прямому углу.

Проектируемая дорога должна обходить населенные пункты. Расстояние от кромки проезжей части до линии застройки должно быть не менее 200 м.

При обходе населённых пунктов автомобильную дорогу по возможности следует прокладывать с подветренной стороны, ориентируясь на направление ветра в особо неблагоприятные с точки зрения загрязнения воздуха в осенне-зимние периоды года.

Направление трасс автодорог по лесным массивам по возможности должно совпадать с направлением господствующих ветров в целях обеспечения естественного проветривания и уменьшения заносимости дорог снегом.

Каждое изменение направления дороги называют *углом поворота*. Удлинение дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуют *коэффициентом развития* или *коэффициентом удлинения*.

Коэффициент удлинения дороги – это отношение фактической длины к длине прямой соединяющей начальный и конечный пункты, формула (4).

$$k = L_{\phi} / L_{\text{пр}}, \quad (4)$$

где L_{ϕ} – фактическая длина, $L_{\text{пр}}$ – воздушная линия.

Начало трассы характеризуют по сторонам света (*север, юг и т.д.*)

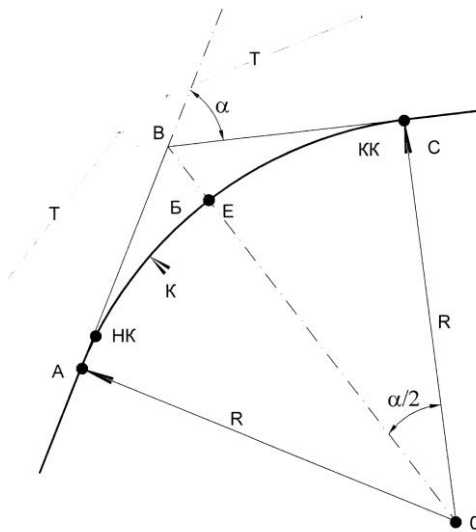
Различают следующие **геометрические элементы закруглений** (рис.1), формулы (2-5): - угол α ,

- радиус R ,
- кривую K ,
- тангенс T ,
- биссектрису B .

При изысканиях длину трассы измеряют по тангенсам, поэтому в пределах кривой возникают ошибки в пределах длины дороги, поскольку длина ломанной ABC – больше, чем дуга AEC , чтобы исправить эту ошибку на каждой кривой вводят поправку называемую *домером D* (рис.2).

Рис. 2. Элементы круговой кривой
в плане:

- α – угол поворота;
- R – радиус кривой;
- T – тангенс кривой;
- K – длина кривой;
- B – биссектриса – расстояние от вершины угла поворота до центра круговой кривой;
- НК – начало кривой;
- КК – конец кривой.



Для проложения ломаного тангенциального хода намечают контрольные точки на карте, относительно которых будет изменяться направление трассы с целью исключения неблагоприятных участков, т.е. назначают углы поворота. Далее оценивают уклоны местности по трассе.

Если они намного превышают предельно нормативное значение для продольного уклона проектной линии $i_{\text{доп}}$ (приложение 1), то этом случае потребуется устройство глубоких длинных выемок, что приведет к очень большим объемам земляных работ и трудностями отвода воды из кюветов выемок.

Уклон местности i оценивают по расстоянию между горизонталями, формула (5)

$$i = \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (5)$$

где l – расстояние между точками x_1 и x_2 , лежащими на соседних горизонталях с высотными отметками H_1 и H_2 соответственно (рис. 3)

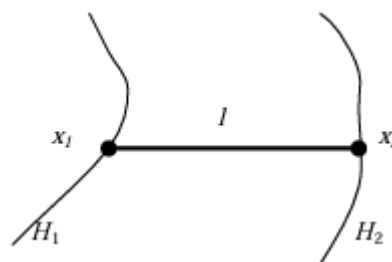


Рис.3. Схема определения уклона на местности

Для карты масштаба $M 1:10000$ шаг горизонталей $\Delta H = H_1 - H_2 = 2,5$ м. На следующем этапе строят ломаную линию и транспортиром измеряют величины углов поворота трассы.

Углы подписывают: ВУ1, ВУ2 и т.д.

Определяют начальный и конечный азимут, румбы линии (рис. 4).

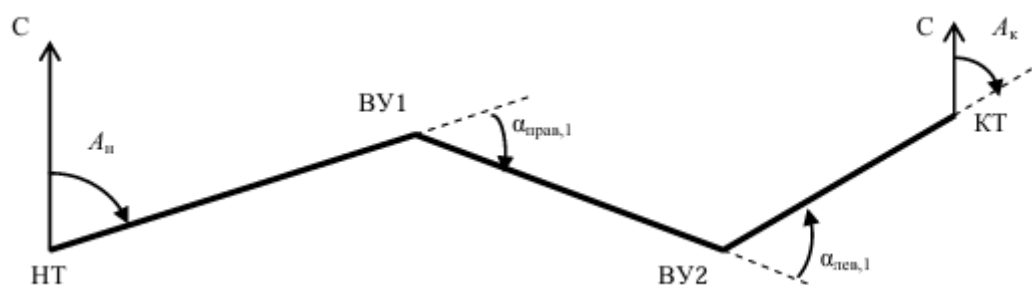


Рис.4. Схема определения углов поворота, начального и конечного азимутов

Азимут называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Азимут измеряется в пре делах от 0° до 360° .

Румб линии называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до направления данной линии.

Румб линии меняется в пределах от $0^\circ - 90^\circ$ и имеет в каждой четверти сторон света обозначения: С; СВ; В; ЮВ; Ю; ЮЗ; З; СЗ.

Между румбами и азимутами имеется связь:

- в первой четверти румб линии равен азимуту, т.е.
 $r_1 = a_1$ - имеет направление СВ;
- во второй – $r_2 = 180^\circ - a_2$ - имеет направление ЮВ;
- в третьей – $r_3 = a_3 - 180^\circ$ - имеет направление ЮЗ;
- в четвертой - $r_4 = 360^\circ - a_4$ и имеет направление СЗ.

2.1.3. Вписывание кривых в углы ломаного хода

В соответствии с п.5.3 СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», для обеспечения безопасного движения на участках поворота трассы рекомендуется вписывать в углы поворота круговые кривые радиусом не менее 3000 м. Но в условиях сложного рельефа, а также при большой плотности ситуационных объектов на местности (поселки, предприятия, карьеры, водные преграды и т.п.), данное требование выполнить непросто.

В зависимости от категории дороги вводятся ограничения на минимальные значения радиусов кривых в плане трассы.

Круговые кривые малых радиусов (менее 2000 м) сопрягают с прямыми участками трассы специальными переходными кривыми.

В том случае, когда $R > 2000$ м, переходные кривые не предусматриваются.

Разбивку пикетажа ведут до вершины первого угла поворота. Для того, чтобы продолжить пикетаж, необходимо запроектировать закругление, определить пикетажное положение начала закругления и конца закругления, вынести пикеты на кривую и после этого продолжить разбивку пикетажа до вершины следующего угла поворота.

Пример плана трассы с кривой без переходных кривых приведен (рис.5).

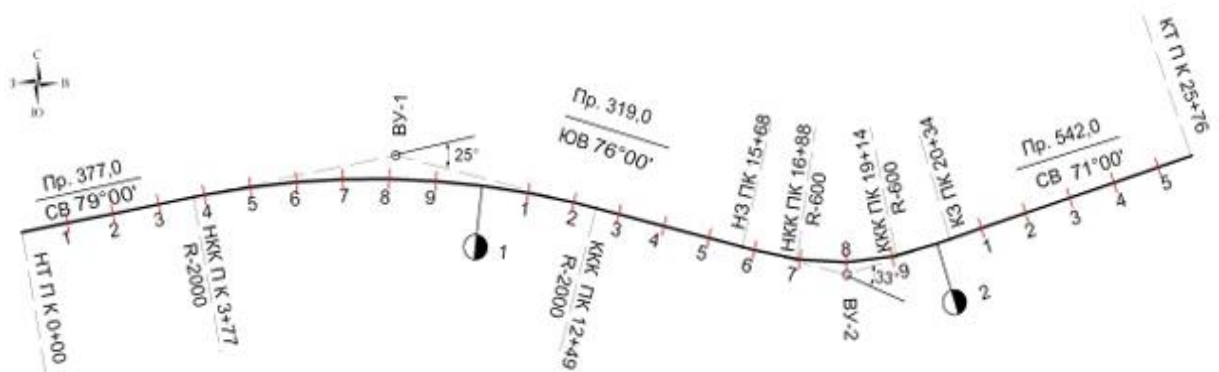


Рис.5. Оформление трассы на чертежах масштабов мельче 1:20000

Процедура вписывания круговых кривых в углы поворота трассы состоит из следующих этапов:

- 1). Определяют пикет вершины угла.
- 2). Задают радиус круговой кривой и определяют элементы круговой кривой: тангенс T , длину круговой кривой K , биссектрису B и домер D , по формулам (6-10):

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (6)$$

$$K = \frac{R \pi \alpha}{180}; \quad (7)$$

$$B = \sqrt{T^2 + R^2} - R \quad \text{или} \quad B = R \cdot \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (8-9)$$

$$B = R \cdot \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (10)$$

Домер показывает, на сколько метров трасса становится короче после вписывания кривой.

3). От вершины угла поворота ВУ1 в обе стороны по отрезкам ломаной откладывают в масштабе тангенсы, определяя тем самым точки начала круговой кривой (НKK) и конца круговой кривой (KKK).

Из точек НKK и КKK откладывают пунктирные линии перпендикулярно отрезкам ломаной линии (рис. 6).

Их пересечение образует центр окружности, вписываемой в угол поворота.

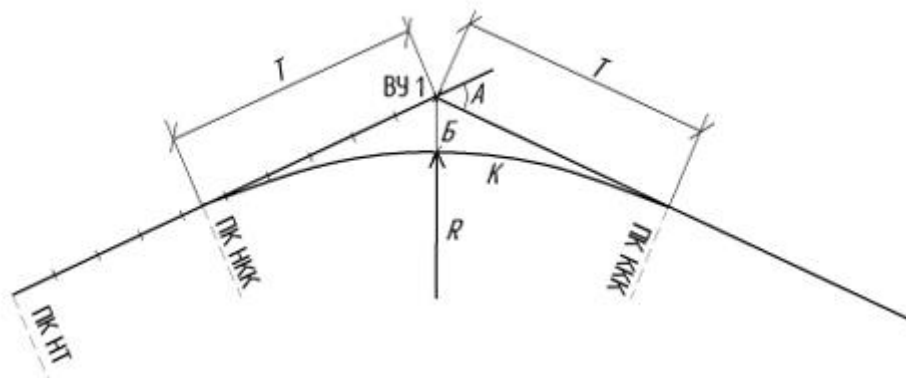


Рис.6.Схема вписывания круговой кривой без переходных кривых

4). Вычисляют значения пикетажного положения точек НKK и КKK по формулам (11-13):

$$\text{ПК НKK} = \text{ПК ВУ1} - T \quad (11)$$

$$\text{ПК КKK} = \text{ПК ВУ1} + T - Д \quad (12)$$

или

$$\text{ПК КKK} = \text{ПК НKK} + K \quad (13)$$

5). С помощью шаблона или циркуля вписывают круговую кривую.

В том случае, когда происходит накладка тангенсов, т.е. пикет начала закругления для следующего угла поворота окажется меньше пикета конца закругления для предыдущего угла поворота ($\text{ПК КKK}_n < \text{ПК НKK}_{n+1}$, где n – порядковый номер углов поворота), необходимо уменьшить радиусы вписываемых кривых.

Если значения радиусов достигли минимальных значений, а тангенсы все равно перекрываются, то необходимо изменить положение вершин ломаного хода (сократить число углов поворота или уменьшить их величины).

Пример расчета:

Дано: $\alpha = 25^\circ$; $R = 2000$ м; расстояние от НТ до ВУ1 820 м. (см. рис. 5)

ВУ1 – ПК8+20

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2000 \operatorname{tg} \frac{25}{2} = 443,39 \text{ м.}$$

$$K = \frac{R\pi\alpha}{180} = \frac{2000 \cdot \pi \cdot 25}{180} = 872,67 \text{ м.}$$

$$Б = \sqrt{T^2 + R^2} - R = \sqrt{443,39^2 + 2000^2} - 2000 = 48,56 \text{ м.}$$

$$Д = 2 \cdot 443,39 - 872,67 = 14,11 \text{ м.}$$

ПК НКК:

$$\begin{array}{r} \text{ПК ВУ1 } 8+20 \\ - \quad \quad \quad 443,39 \\ \hline \text{ПК НКК } 3+76,61 \end{array}$$

ПК ККК:

$$\begin{array}{r} \text{ПК НКК } 3+76,61 \\ + \quad \quad \quad 872,67 \\ \hline \text{ПК ККК } 12+49,28 \end{array}$$

Полученные данные сведены «Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых».

Таблица

Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой, м						Положение переходных кривых								Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м
	км	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые		круговая кривая	биссектриса	начало		конец		конец		начало			
													ПК	+	ПК	+	ПК	+	ПК	+		
НТ	0	0	00																			
ВУ1	0	8	20		25°	2000	443	443	0	0	873	48,6	3	77	3	77	12	49	12	49	820	377
ВУ2	1	8	06	33°		600	238	238	120	120	226	26,8	15	68	16	88	19	14	20	34	1000	319
КТ	2	5	76																		780	542

2.1.4. Вписывание круговых кривых с переходными кривыми

Если радиус вписываемой кривой $R < 2000$ м, то для большей плавности прямые участки автомобильной дороги сопрягаются с круговыми при помощи *переходных кривых*.

В наибольшей степени удовлетворяют фактической траектории движения автомобилей при въездах на кривые малых радиусов с притормаживанием – *тормозные кривые*. Однако, согласно требованиям технических норм на дорогах I-III категорий автомобили должны проезжать кривые без снижения скорости. Такому движению в лучшей степени соответствуют кривые другого очертания – *клотоида*, известная ещё, как *спираль Корню*, *радиоидальная спираль*, *радиоида* (рис.7). Уравнение клотоиды, формула (14)

$$RL = C \quad (14)$$

где R – радиус, L – длина кривой, $C = \text{const}$ – параметр клотоиды.

В данной зависимости радиус возрастает обратно пропорционально длине кривой. В начале координат $L=0$ и $R=\infty$; при $L=\infty$ и $R=0$ (рис.7). Когда участок дороги имеет форму клотоиды, руль поворачивается равномерно.

Длину переходной кривой назначают исходя из условия достаточно замедленного нарастания центробежной силы во время проезда кривой, не вызывая неприятных ощущений у пассажиров. Этому условию удовлетворяет формула (15)

$$L = \frac{V^3}{47JR} \quad (15)$$

где V – расчетная скорость, км/ч;

J – скорость нарастания центробежного ускорения при движении автомобиля по закруглению.

$$J = 0,5 \div 0,8 \text{ м/с}^3.$$

Приводимые в СП 34.13330.2012 длины переходных кривых, когда в их качестве применяется клотоида, следует рассматривать как минимально допустимые.

Их значения приведены в табл. 3.

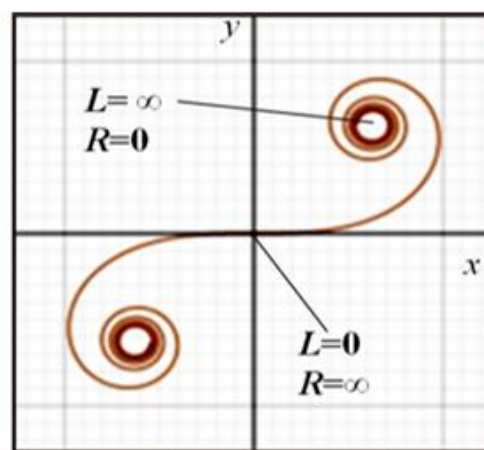


Рис.7. График клотоиды

Таблица 3

Минимальные значения переходных кривых в зависимости от радиуса

Минимальный радиус, R, м	300	400	500	600-1000	1000-2000
Переходная кривая, L, м	90	100	110	120	100

Переходные кривые учитывают путём введения добавочных значений t по линии тангенсов и по линии биссектрисы p .

Тогда

$$T_{\text{полн}} = T + t, \quad (15)$$

$$K_{\text{полн}} = K + L, \quad (16)$$

$$B_{\text{полн}} = B + p, \quad (17)$$

$$D_{\text{полн}} = 2T_{\text{полн}} - K_{\text{полн}}, \quad (18)$$

$$K_0 = K_{\text{полн}} - 2L, \quad (19)$$

где K_0 – длина круговой кривой.

Значения t и p в зависимости от величины радиуса и длины переходной кривой назначают по табл. 4 или формулам (20-22):

$$t = L - R \sin \beta_L \quad (20)$$

$$p = \frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} \quad (21)$$

где β_L – угол между касательными в начале и в конце переходной кривой, определяемый в зависимости

$$\beta_L = \frac{180^\circ L}{2\pi R} \quad (22)$$

Таблица 4

Элементы переходной кривой

Радиус круговой кривой R , м	Длина переходной кривой L , м	Величина $\alpha_{\min}=2\beta$	Добавочный тангенс t , сдвигка начала кривой (по оси X), м	Сдвигка p круговой кривой (по оси Y), м
30	30	57°18'	14,86	1,24
50	35	40°06'	17,43	1,02
60	40	38°12'	19,93	1,11
80	45	32°14'	22,45	1,07
100	50	28°39'	24,95	1,08
150	60	22°55'	29,96	1,01
200	70	20°03'	34,97	1,02
250	80	18°20'	39,97	1,07
300	90	17°11'	44,97	1,12
400	100	14°19'	49,97	1,04
500	110	12°36'	54,98	1,01
600	120	11°28'	59,98	1,00
1000	120	6°52'	59,99	0,60
1500	100	3°49'	50,00	0,28
2000	100	2°52'	50,00	0,21

Введение переходных кривых вызывает смещение основной кривой внутрь угла с уменьшением её длины (рис. 8).

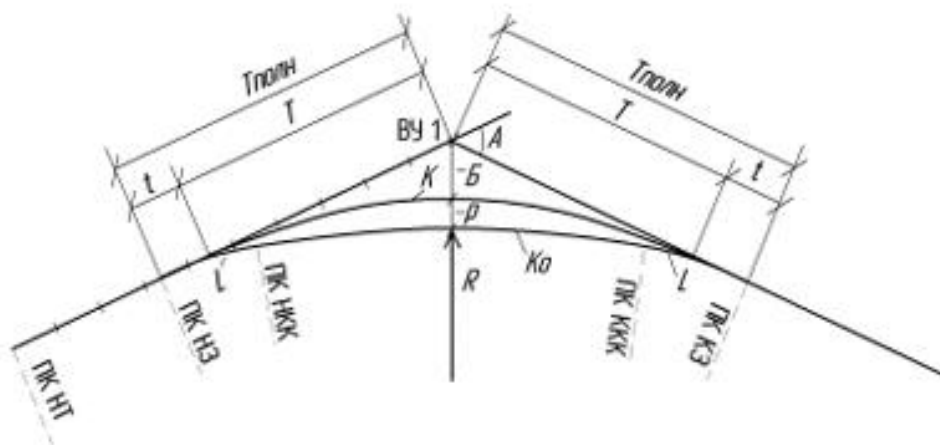


Рис .8 Схема вписывания круговой кривой с переходными кривыми

Порядок вписывания круговых кривых с переходными кривыми в углы поворота трассы следующий:

1. С помощью линейки и циркуля находят пикет угла поворота и определяют пикетажное положение вершины.

2. Задают величину радиуса круговой кривой R и из табл.3 выбирают соответствующее значение длины переходной кривой L .

3. По формулам (6-10) определяют T , K , B .

4. По формулам (15-18) вычисляют $T_{\text{полн}}$, $K_{\text{полн}}$, $B_{\text{полн}}$, $D_{\text{полн}}$, где t и p определяют по формулам (15,17) или по табл.4.

Необходимо убедиться, что $\alpha \geq 2\beta$.

5. Вычисляют пикетажное положение точек начала закругления (НЗ), начала круговой кривой (НKK), конца круговой кривой (KKK) и конца закругления (КЗ) по формулам:

$$\text{ПК НЗ} = \text{ПК ВУ} - T_{\text{полн}} \quad (23)$$

$$\text{ПК НKK} = \text{ПК НЗ} + L \quad (24)$$

$$\text{ПК КЗ} = \text{ПК НЗ} + K_{\text{полн}} \quad (25)$$

или

$$\text{ПК КЗ} = \text{ПК ВУ} + T_{\text{полн}} - D_{\text{полн}} \quad (26)$$

$$\text{ПК KKK} = \text{ПК КЗ} - L \quad (27)$$

В качестве проверки должно выполняться равенство

$$\text{ПК KKK} - \text{ПК НKK} = K_0 \quad (28)$$

6. Результаты измерения углов поворота, длины трассы, разбивки пикетажа заносят в «Ведомость углов поворота, прямых и кривых» (пример 2 данного пункта). Размеры таблицы имеют стандартные значения в соответствии с ГОСТ Р. 21. 701-2013 (рис.9).

7. На плане трассы дороги, откладывая от вершины угла поворота (ВУ) полную длину тангенсов ($T_{\text{полн}}$) навстречу разбивке пикетажа, получают пикетажное значение начала закругления (ПК НЗ), откладывая $T_{\text{полн}}$ по ходу разбивки, получают пикетажное значение конца закругления (ПК КЗ). Полученные точки отмечают перпендикулярными к оси трассы пунктирными линиями с указанием расстояния до ближайшего пикета (рис. 8).

От пикетажного значения КЗ (например, ПК КЗ 20+34) откладывают расстояние до полного пикета (в данном случае расстояние 64 м до ПК 21+00) и продолжают разбивку до получения пикетажного значения следующей вершины или до конца трассы, если больше углов поворота нет.

8. При наличии ещё одного угла поворота вычисление элементов кривой производят, как и в предыдущих случаях.

9. Пикет конечной точки трассы дает её длину по прямым и кривым.

Пример расчёта кривых с переходными кривыми

Дано: $\alpha=33^\circ$, $R=600$ м, ПК ВУ2 18+06 (см. рис.6).

1. С помощью линейки находим первый полный пикет после ПК KKK 12+49,28. Это будет ПК 13+00. От него помощью циркуля и линейки откладываем пикеты до второй вершины угла трассы (рис. 6) Тогда ПК ВУ2 составит 18+06.

2. По значению радиуса кривой 600 м из табл. 3 принимаем длину переходной кривой $L = 120$ м.

3. Вычисляем:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 600 \operatorname{tg} \frac{33}{2} = 177,73 \text{ м};$$

$$K = \frac{R\pi\alpha}{180} = \frac{600 \cdot \pi \cdot 33}{180} = 345,57 \text{ м};$$

$$B = \sqrt{T^2 + R^2} - R = \sqrt{177,73^2 + 600^2} - 600 = 25,77 \text{ м}.$$

4. Находим полный тангенс. Угол наклона касательной в конце кривой (в точке сопряжения с круговой кривой)

$$\beta_L = \frac{180^\circ L}{2\pi R} = \frac{180^\circ \cdot 120}{2 \cdot 3,1415 \cdot 600} = 5,73^\circ.$$

$$t = L - R \sin \beta_L = 120 - 600 \cdot \sin 5,73^\circ = 60,02 \text{ м}.$$

$$T_{\text{полн}} = T + t = 177,73 + 60,02 = 237,75 \text{ м}.$$

4. Определяем полную кривую:

$$K_{\text{полн}} = K + L = 345,57 + 120 = 465,57 \text{ м}$$

5. Ищем круговую кривую

$$K_0 = K_{\text{полн}} - 2L = 465,57 - 2 \cdot 120 = 225,57 \text{ м}.$$

6. Находим полную биссектрису

$$P = \frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} = \frac{120^2}{24 \cdot 600} - \frac{120^4}{2688 \cdot 600^3} = 1 - 0,0003 \approx 1 \text{ м};$$

$$B_{\text{полн}} = B + p = 25,77 + 1 = 26,77 \text{ м}.$$

7. Определяем полный домер:

$$D_{\text{полн}} = 2T_{\text{полн}} - K_{\text{полн}} = 2 \cdot 237,75 - 465,57 = 9,93 \text{ м}.$$

8. Вычисляем пикетажное положение

ПК НЗ:	ПК ВУ2 18+06	ПК КЗ: ПК НЗ 15+68,25
	- <u>2 37,75</u> ;	+ <u>4 65,57</u>
	ПК НЗ 15+68,25	ПК КЗ 20+33,82

или $\text{ПК КЗ} = \text{ПК ВУ2} + T_{\text{полн}} - D_{\text{полн}} = 1806 + 237,75 - 9,93 = 2033,82 \text{ м}.$

ПК НКК:	ПК НЗ 15+68,25
	+ <u>1 20,00</u>
	ПК НКК 16+88,25

или

ПК НКК 16+88,25
+ <u>225,57</u> .
ПК ККК 19+13,82

ПК ККК:	ПК КЗ 20+33,82	или ПК НКК 16+88,25
	- <u>1 20,00</u>	+ <u>2 25,57</u>
	ПК ККК 19+13,82	ПК ККК 19+13,82

Пример 1: без переходных кривых

Таблица

Ведомость угла поворота, прямых и круговых кривых

Углы				Кривые							Прямые			
N угла	Положе- ние вершины угла	Величина угла		Элементы кривой							Расстояние между вершинами углов	Длина прямой	Азимут	Румб
		влево	вправо	R	T	K	Б	Д	Начало кривой	Конец кривой				
	ПК +	град.	град.	м	м	м	м	м	ПК +	ПК +	м	м	град.	град.
НТ	0+00										1167,94	422,54	237°14'	ЮЗ: 57°14'
1	11+67,94		27°54'	3000	745,4	1461,3	91,2	29,5	04+22,54	18+83,84				
2	31+28,60	30°49'		3000	826,8	1613,5	111,8	40,1	23+01,80	39+15,30	1990,16	417,96	265°08'	ЮЗ: 85°08'
КТ	40+00										911,50	84,70	234°19'	ЮЗ: 54°19'

Контроль:

$$\sum K + \sum \Pi = L_{тр}$$

$$(1461,30 + 1613,50) + (422,54 + 417,96 + 84,70) = 4000 \text{ м}$$

$$\sum S - \sum Д = L_{тр}$$

$$(1167,94 + 1990,16 + 911,50) - (29,5 + 40,1) = 4000 \text{ м}$$

$$A_k - A_n + 360^\circ = \sum \beta_{пр} - \sum \beta_{лев} + 360^\circ$$

$$234^\circ 19' - 237^\circ 14' + 360^\circ = 27^\circ 54' - 30^\circ 49' + 360^\circ$$

$$2^\circ 55' = 2^\circ 55' - \text{верно}$$

Пример 2: с переходными кривыми

Таблица

Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых

[illegible]

[illegible]

2.1.5. Оформление плана трассы

Расположение трассы на листах плана принимают таким расчетом, чтобы верх листа по возможности, был обращен на север, а при меридианальном направлении трассы (с юга на север) – на запад.

Масштаб плана принимают: для равнинной и пересеченной местности 1:10000, для горной 1:5000.

Трассу на плане наносят сплошной жирной линией. Прямые участки от кривых отделяют черточками с направлениями конечного и начального радиусов, на которых указывают пикетажное положение начала и конца кривой. Тангенсы наносят тонким пунктиром.

На углах поворота при большом их количестве выписывают только номера, а элементы закруглений, длины прямых (округленные до 0,1м) и вычисленные румбы приводят в таблице «Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых». Элементы переходных кривых в эту таблицу не записывают.

Ситуацию на плане трассы показывают по данным топографической карты.

Ситуационные знаки и надписи наносят параллельно в рамке.

Пикеты и другие надписи пишут вдоль трассы или перпендикулярно к ней; рубленые пикеты накладывают с соблюдением масштаба.

Условные обозначения и знаки должны соответствовать действующим условным обозначениям.

В начале и в конце плана указывают пункты, между которыми проложена автомобильная дорога и направления существующих дорог, выходящих за рамку чертежа.

На плане трассы, проложенной в равнинной или слабопересеченной местности, горизонтали показывают только в местах, где они необходимы для обоснования направления трассы. Если трасса проложена в сильно пересеченной местности, горизонтали показывают на всем ее протяжении. Рекомендуются наносить горизонтали и увязывать их с отметками пикетов трассы предварительно карандашом на кальке, наложенной на план трассы. Затем горизонтали переводят на план и вторично обводят карандашом с выделением десятых горизонталей.

При пересечении трассы с железными и автомобильными дорогами в плане указывают угол и пикетажное положение пересечения. При проходе по улицам населенных пунктов на поле чертежа вычерчивают схематический поперечный профиль улицы с указанием расстояния до построек; на плане показывают общие контуры населенных пунктов и отдельные здания, если подлежат сносу.

Закрепление трассы показывают в виде схем и таблиц на свободных от ситуации местах плана или в отдельной таблице.

Следует показывать схемы закрепления начала и конца трассы, вершин углов поворота к местным постоянным предметам или специальным закрепительным столбам с указанием расстояний до них (желательно не более длины ленты, т.е. не более 20 м).

Штамп на плане помещают справа независимо от хода пикетажа.
Пример оформления плана трассы приведен (Приложение 8).

Например:

Таблица

Ведомость реперов

№ репера	Положение закрепительного знака			Отметка репера, м	Расстояние до закрепительного знака, м	
	проектный км	ПК	+		влево	вправо
РП1	1	0	23,91	$\frac{238,92}{239,32}$	37,30	
РП2	1	0	17,13	$\frac{237,85}{238,17}$		31,50
РП3	2	11	16,03	$\frac{258,18}{258,60}$	79,50	
РП4	4	31	48,02	$\frac{282,48}{282,70}$		108,10
РП5	4	39	65,00	$\frac{282,48}{282,70}$	33,00	
РП6	4	39	70,10	$\frac{247,60}{247,90}$		34,00

ГЛАВА 3. ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

3.1. Вычерчивание продольного профиля

Продольный профиль вычерчивают на миллиметровой бумаге (либо в помощью программных комплексов) шириной 29 см высотой 28 см, в масштабах:

- горизонтальный 1:5000, т.е. в 1 см – 50 м;
- вертикальный 1:500, т.е. в 1 см – 5 м;
- для грунтов 1:50, т.е. в 1 см – 0,5 м.

В зависимости от степени пересеченности местности продольный профиль можно составлять и в других масштабах. Так, горизонтальный масштаб для профиля в горной местности принимают 1:2000, а в равнинной

1:10000. Отношение масштабов горизонтального к вертикальному во всех случаях принимают 1:10.

Построение профиля начинают с сетки. Наименование граф сетки указаны в чертеже (Приложение 11).

3.2. Нанесение грунтового профиля

Грунтово-геологический разрез наносят на продольный профиль по данным геолого-почвенных обследований. Разрез характеризуется *шурфами*, *шурфо-скважинами*, *скважинами*, закладываемыми при технических изысканиях в характерных местах.

Шурф - столбообразная вертикальная или наклонная выработка (малого сечения и небольшой глубины), предназначенная для обследования почвенно-грунтовых слоев и разведки полезных ископаемых при инженерных изысканиях или производства взрывных работ в промышленных каменных карьерах.

Шурфы длиной 1,0-2,5 м закладывают на всех характерных элементах рельефа (верхняя, средняя и нижняя части склона, плато, понижение) и в местах смены растительного покрова. Как правило, шурфы следует закладывать не реже чем через 500-700 м.

Скважина - столбообразная вертикальная или наклонная выработка (малого круглого сечения большой глубины), предназначенная для обследования почвенно-грунтовых слоев, уровня грунтовых вод и разведки полезных ископаемых при инженерных изысканиях или производства взрывных работ в промышленных каменных карьерах.

Скважины закладывают в местах проектирования искусственных сооружений – до материковых пород, в выемках на 2 м ниже предполагаемого дна выемки, под высокими насыпями и т.д. При небольшой глубине до 3-4 м предпочтительно закладывать *шурфо-скважину*.

Для нанесения грунтового профиля вычерчивают линию на 2 см ниже и параллельно профилю поверхности земли. Шурфы на профиле показывают колонкой шириной 6 мм с штриховкой каждой геологической разности условными обозначениями (прил.5), скважина - 2 мм. Вертикальный масштаб 1:50, т.е. в 1 см – 0,5 м. Если глубина скважины не размещается в пределах грунтового разреза, ее показывают с разрывом.

Между горизонтами прямыми линиями очерчивают границы грунтов, с указанием их наименования и категории по трудности разработки. Низ шурфов и скважин соединяют пунктирной линией. Шурфы и скважины нумеруют отдельно и с правой стороны указывают глубины каждого грунтово-почвенного горизонта от поверхности земли.

При учебном курсовом проектировании грунтово-геологический разрез наносят, исходя из почвенно-геологической характеристики района проектирования, согласно заданию на проектирование и указаний руководителя проекта.

3.3.Исходные данные для нанесения проектной линии

К числу основных исходных данных, необходимых для нанесения проектной линии на продольном профиле относятся:

- максимально допустимый продольный уклон;
- минимальные радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых;
- контрольные (фиксированные) отметки;
- руководящая (рекомендуемая) рабочая отметка.

Данные о максимально допустимом продольном уклоне и минимальных радиусах вертикальных кривых принимают в соответствии с категорией проектируемой дороги (табл.5).

Таблица 5

Радиусы вертикальных кривых

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м		
		Выпуклых	вогнутых	
			Основные	В горной местности
150	30	30 000	8 000	4 000
120	40	15 000	5 000	2 500
100	50	10 000	3 000	1 500
80	60	5 000	2 000	1 000
60	70	2 500	1 500	600
50	80	1 500	1 200	400
40	90	1 000	1 000	300
30	100	600	600	200

При назначении элементов продольного профиля в качестве основных параметров согласно СП 34.13330.2021 следует принимать:

- продольные уклоны – не более 30%;
- расстояние видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м;
- радиусы кривых в продольном профиле:
- выпуклых – не менее 70 000 м;
- вогнутых – не менее 8 000 м;
- длины кривых в продольном профиле:
- выпуклых – не менее 300 м;
- вогнутых – не менее 100 м.

К контрольным относят отметки:

а) бровок насыпей около моста;

б) бровок земляного полотна над трубами;

в) настилов путепроводов при пересечении железных и автомобильных дорог в разных уровнях, определенные из условий соблюдения габаритных размеров и размещения конструктивной высоты пролетного строения путепровода;

г) головок рельсов и оси проезжей части железных и автомобильных дорог (пересекаемых в одном уровне) более высокой категории, чем проектируемая дорога;

д) оси дорожных покрытий в населенных пунктах;

е) въездов во дворы и входов в строения.

Ниже отметок контрольных точек, в трех последних случаях, указанных в пунктах «г», «д» и «е», и выше их, нельзя наносить проектную линию, исключением является случай углубления русла.

Среди исходных данных для проектирования земляного полотна в продольном профиле очень важное значение имеет правильный выбор величины рекомендуемой рабочей отметки.

3.4.Определение величины рекомендуемой рабочей отметки

При проектировании продольного профиля в равнинной и слабохолмистой местности в первую очередь следует обеспечить оптимальные условия для последующей эксплуатации дороги. Этим целям лучше всего отвечают насыпи с достаточным возвышением бровки земляного полотна.

Рекомендуемую рабочую отметку насыпи назначают в зависимости от почвенно-грунтовых, гидрологических и климатических условий. Возвышение бровки над поверхностью земли должно быть достаточным для обеспечения просыхания грунта земляного полотна в климатических условиях района проложения дороги.

Главными факторами, влияющими на величину рекомендуемой рабочей отметки, являются:

- тип местности по характеру и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами;
- климатическая зона;
- род грунта;
- средняя многолетняя толщина снежного покрова;
- предполагаемая толщина дорожной одежды;
- категория дороги.

Последний фактор в значительной степени влияет на отклонения от рекомендуемой рабочей отметки. Чем выше категория дороги, тем большими могут быть отклонения (в большую сторону).

Различают следующие типы местности по характеру и степени увлажнения:

1-й тип – сухие места без избыточного увлажнения (поверхностный сток обеспечен);

2-й тип – сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;

3-й тип – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением.

Климатическую зону определяют по карте дорожно-климатического районирования территории России.

Минимальную высоту насыпей определяют с учетом требований:

- 1) минимального допустимого превышения дна корыта над поверхностью земли и над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод;
- 2) предохранения дороги от заносов и удобства снегоборьбы.

Из этих двух определений в расчет принимается большая высота. При проектировании дороги 1-го типа высота насыпи должна быть не менее толщины дорожной одежды, с расположением низа дорожной одежды не ниже поверхности земли с обеспечением надежного отвода воды от земляного полотна и основания проезжей части.

Возвышение низа дорожной одежды над расчетным уровнем грунтовых вод или длительностоящих (более 20 суток) поверхностных вод на сырых и мокрых местах, т. е. 2-го и 3-го типов местности, не должно быть менее указанного (табл.6-7).

Расчетный уровень грунтовых вод принимают на верхней линии высшей зоны оглеения почвенных грунтов или высшему установленному уровню грунтовых вод, когда последний превышает горизонт оглеения.

При учебном проектировании по топографическим картам глубину залегания грунтовых вод и другие данные о гидрологических и дорожно-климатических условиях района проложения трассы указывают в задании или условие принимается по данным энциклопедического словаря, при установлении величины руководящей рабочей отметки необходимо знать толщину дорожной одежды, которой предварительно можно задаться.

Таблица 6

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды
над расчетным уровнем грунтовых вод или уровнем длительного
(более 20 суток) стояния поверхностных вод

Грунт земляного полотна или естественный грунт	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды в наиболее низком месте поперечного профиля над уровнем воды, м			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,7	0,6	0,5	0,4
Пески пылеватые, супеси тяжелые	1,2	0,8	0,8	0,7
Супеси пылеватые, супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, суглинки легкие пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые	1,9	1,7	1,4	1,3
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, глины песчаные, глины жирные	1,9	1,4	1,1	1,0

Рекомендуемая рабочая отметка (руководящая) определяется по трем условиям:

1. По незаносимости дороги снегом, по формуле (29)

$$H_{рек} = H_{сн} + \Delta \quad (29)$$

$H_{сн}$ - толщина снежного покрова, устанавливается по СНиПу 2.01.01-82,

Δ - запас над снежным покровом устанавливается в зависимости от категории автомобильной дороги .

2. По возвышению поверхности покрытия над грунтовыми водами, по формуле (30):

$$H_{рек} = H_{угв} - h_{угв} - a_{об} \times i_{об} \quad (30)$$

$H_{угв}$ – это требуемое возвышение поверхности покрытия дороги над УГВ, устанавливается по СП 34.13330.2021 в зависимости от вида грунта и дорожно-климатической зоны (по числителю). $h_{угв}$ – глубина залегания грунтовых вод (УГВ) на участке проектируемой трассы (по заданию).

3. По возвышению дорожного покрытия над уровнем поверхностных вод (по формуле 31).

$$H_{рек} = H_{упв} + h_{упв} - a_{об} \times i_{об} \quad (31)$$

$H_{упв}$ – это требуемое возвышение поверхности покрытия дороги над уровнем поверхностных вод (УПВ) на участке проектируемой трассы, устанавливается по СП 34.13330.2021 в зависимости от грунта (по знаменателю). $h_{упв}$ – глубина поверхностных вод на участке проектируемой трассы, определяется в период проведения изыскательских работ.

3.5. Проектная линия в разных условиях рельефа

Продольный профиль проектируют в виде плавной линии, состоящей из прямолинейных участков и вертикальных кривых.

Проектирование продольного профиля заключается в нанесении проектной линии и вычислении проектных и рабочих отметок точек.

Проектировать нужно с учетом обеспечения:

- а) устойчивости земляного полотна и дорожной одежды в течение круглого года при любых изменениях температуры и погодных условий;
- б) наименьшей строительной стоимости дороги;
- в) удобства и безопасности движения автомобилей с наименьшей стоимостью перевозок.

Таблица 7

Наименьшее возвышение низа дорожной одежды над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком

Грунт земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды в наиболее низком месте поперечного профиля, м			
	Дорожно-климатические зоны			
	II зона	III зона	IV зона	V зона
Пески средние и мелкие, супеси легкие	0,50	0,40	0,30	0,20
Пески пылеватые, супеси тяжелые	0,60	0,50	0,40	0,30
Супеси пылеватые, супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие, суглинки легкие пылеватые, суглинки тяжелые пылеватые	0,80	0,60	0,50	0,40
Суглинки тяжелые, глины пылеватые, глины песчаные, глины жирные	0,70	0,60	0,40	0,40

3.6. Проложение ломаного хода продольного профиля дороги (метод тангенсов)

3.6.1. Правила и методы нанесения проектной линии

При нанесении проектной линии руководствуются правилами:

- уклоны проектной линии не должны превышать допустимых для данной категории дороги;
- для комфортного проезда по автомобильной дороге рекомендуется задавать продольный уклон, не превышающий 30 ‰;
- недопустим пилообразный профиль;
- объём земляных работ должен быть минимальным;
- необходимо обеспечить беспрепятственный отвод поверхностной воды от земляного полотна, для этого уклоны проектной линии в местах выемок должны быть не менее 5 ‰ и длина выемок – не более 500 м;
- участки проектной линии, проходящие по мосту или путепроводу, должны иметь уклон не менее 5‰ (с целью обеспечения продольного водоотвода) и не более 30‰ (в условиях образования гололедицы на проезжей части искусственного сооружения).

Возможны два способа нанесения проектной линии: *по обёртывающей* и *по секущей*.

По обёртывающей прокладывают проектную линию в условиях равнинного рельефа местности и на дорогах низких категорий. В этом случае проектная линия по возможности параллельна поверхности земли. Отступают от этого правила лишь на пересечениях пониженных мест рельефа.

В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа при проектировании по обёртывающей проектная линия получается беспокойной. В этом случае проектную линию наносят **по секущей**. При этом стараются обеспечить примерный баланс земли участков насыпей и выемок, для того, чтобы грунты из выемок использовать в устройстве насыпей в пониженных местах. Т. к. при равных значениях рабочих отметок поперечное сечение выемки больше сечения насыпи, то необходимо располагать проектную линию таким образом, чтобы площадь участков выемок на продольном профиле была на 25-30% меньше площади участков насыпей. При использовании способа проектирования по секущей получают плавный продольный профиль.

Суть метода тангенсов заключается в том, что сначала строят ломаную линию, а затем в места её переломов вписывают вертикальные кривые и вносят коррективы в проектные и рабочие отметки за счет кривизны.

3.6.2. Построение ломаного хода

Создание проектной линии состоит из двух этапов: построения ломаного хода и вписывания вертикальных кривых.

1. Сначала наносят на чертёж все контрольные точки. Далее намечают вершины ломаной линии, которые следует размещать на возвышенностях и понижениях рельефа.

2. Строят первый отрезок, соединяющий начальную точку проектной линии A (ПК 0+00) с ближайшей намеченной вершиной ломаной линии (точкой B), и оценивают уклон по формуле

$$i = (H_2 - H_1) / x \quad (32)$$

где H_1 и H_2 – отметки проектной линии в точках A и B соответственно,
 x – расстояние между концами отрезка ломаной по горизонтали.

3. Уточняют уклон, т. е. округляют его значение до тысячных долей и пересчитывают отметку точки B .

Например,

$H_1 = 179,30$ м; $H_2 = 165,42$ м; $x = 900$ м.

Тогда уклон равен $i = (165,42 - 179,30) / 900 = -0,01542 \times 1000 = -0,01542\%$

Следует округлить уклон до целых значений промилле, т. е.

$-0,01542 = -0,015$

$-0,015 \times 1000 = -15\%$.

Затем пересчитывают отметку $H_2 = 179,30 - 0,015 \cdot 900 = 165,80$ м.

4. Если уклон – больше максимально допустимого значения для данной категории дороги (например, больше 50 % для дороги III категории), то перемещают точку B по вертикали до приемлемой величины уклона.

5. Одновременно заполняют строки сетки чертежа «Уклон, ‰, расстояние, м» и «Отметки по оси дороги, м». Над чертой записывают значение уклона, под чертой – длину отрезка. Отметки записывают боком. Высота шрифта – 3 мм. Значения отметок округляют до двух знаков после запятой.

6. Дистраивают ломаный ход до конца трассы (см. образец продольного профиля (Приложение 10)).

3.6.3. Вписывание вертикальных кривых

Но на этом построение ломаного хода не заканчивается, т.к. необходимо убедиться, что в образовавшиеся переломы удастся вписать вертикальные кривые с минимально допустимыми радиусами.

Чем больше радиус вертикальной кривой, тем более плавной будет проектная линия. Но большой радиус не должен приводить к излишним объемам земляных работ.

При выборе значений радиусов руководствуются нормами СП 34.13330.2012.

1) Вычисляют элементы вертикальной кривой по формулам (28-30):

- тангенс T_B ,

- длину вертикальной кривой K_B ,

- биссектрису B_B .

Домером, ввиду небольшой разницы между длиной кривой и длиной проектной линии по ломаному ходу пренебрегают.

$$T_B = (R_B * (i_2 - i_1)) / 2 \quad (33)$$

$$K_B = 2T_B \quad (34)$$

$$B_B = T_2 / 2R_B \quad (35)$$

Рекомендуется сначала попробовать вписать минимально допустимые значения радиусов выпуклых и вогнутых кривых.

Если длина кривой оказалась менее предельной величины (т. е. длина выпуклой кривой – менее 300 м; вогнутой – менее 100 м), то следует увеличить значение радиуса кривой.

В формулу (2) уклоны вводятся с соответствующим знаком:

- положительный уклон соответствует движению на подъём,
- отрицательный (со знаком «минус») – на спуск.

Если расстояние между переломами больше суммы тангенсов для кривых, вписываемых в соседние вершины, то построение ломаного хода можно считать законченным.

Пример 1. Разберём методику вписывания вертикальной кривой в перелом проектной линии с вершиной на ПК 9+00

Сначала проектная линия идёт на спуск с уклоном 15 ‰, а затем – на подъём с уклоном 24 ‰. Необходимо вписать вогнутую вертикальную кривую радиусом 8000 м.

Вычислим тангенс вертикальной кривой

$$T_6 = (R_6 * (i_2 - i_1)) / 2 = (8000 * (-0,015 - 0,024)) / 2 = 156 \text{ м}$$

Длина вертикальной кривой

$$K_6 = 2T_6 = 2 * 156 = 312 \text{ м}$$

Биссектриса

$$B_6 = T_2 / 2R_6 = 156^2 / 2 * 8000 = 1,52 \text{ м.}$$

Пример 2. Сначала проектная линия идёт на подъём с уклоном 24 ‰, а затем – на спуск с уклоном 18 ‰. Необходимо вписать выпуклую вертикальную кривую радиусом 10000 м.

Вычислим тангенс вертикальной кривой

$$T_6 = (R_6 * (i_2 - i_1)) / 2 = (10000 * (0,024 - (-0,018))) / 2 = 210 \text{ м}$$

Длина вертикальной кривой $K_6 = 2T_6 = 2 * 210 = 420 \text{ м}$. Это значение превышает минимальное рекомендуемое значение для длины выпуклой кривой 300 м. Расстояние между ПК 13+00 и ПК 9+00 составляет 400 м.

Сумма двух тангенсов $T_1 + T_2 = 156 + 210 = 366 \text{ м}$, что меньше вышеуказанного расстояния.

Пример 3.

Проектная линия идёт на спуск с уклоном 18 ‰, а затем – снова на спуск с уклоном 15 ‰. Необходимо вписать выпуклую вертикальную кривую радиусом 60000 м.

Вычислим тангенс вертикальной кривой

$$T_6 = (R_6 * (i_2 - i_1)) / 2 = (60000 * (-0,018 - 0,015)) / 2 = 90 \text{ м}$$

Длина вертикальной кривой $K_6 = 2T_6 = 2 * 90 = 180 \text{ м}$

При таком переломе уклонов вписывают вогнутую кривую, длина которой должна быть не меньше 100 м. Вычислим длину кривой. Требование к длине кривой выполняется.

2) Над каждой вершиной ломаной вводят обозначения вертикальных кривых, напоминающие букву Т. Для этого чертят вертикальные линии высотой 3 см. Слева боком записывают ПК положения вершины ломаного хода. В обе стороны от вершины по горизонтали в масштабе откладывают величину T_B (в разобранном выше примере откладывают 156 м в горизонтальном масштабе чертежа 1:5000). К ней пристраивают

вертикальные скобки высотой 5 мм. Скобки направлены вниз в случае выпуклой кривой, вверх – в случае вогнутой кривой.

У каждого конца вертикальной кривой указывают расстояние до ближайшего ПК слева. Над обозначением кривой пишутся значения радиуса вертикальной кривой, тангенса, длины кривой, биссектрисы.

3). В случае наложения тангенсов при соблюдении всех требований к радиусам и длинам вертикальных кривых меняют положение вершин ломаного хода.

4). Выполнив проекцию линии тангенсов на ломаный ход, получают точки начала вертикальной кривой (НВК) и конца вертикальной кривой (КВК), формулы (36-37).

Пикет начала вертикальной кривой вычисляют, как

$$\text{ПК НВК} = \text{ПК ВУ} - T_b. \quad (36)$$

Пикет конца вертикальной кривой вычисляют, как

$$\text{ПК КВК} = \text{ПК ВУ} + T_b \quad (37)$$

Например:

$$\begin{array}{rcl} \text{ПК ВУ } 9+00 & & \text{ПК ВУ } 9+00 \\ - \text{ } T_b \text{ } 1 \text{ } 56 & & + \text{ } T_b \text{ } 1 \text{ } 56 \\ \hline \text{ПК НВК } 7+44 & & \text{ПК НВК } 10+56 \end{array}$$

3.6.4. Вычисление проектных отметок

Вычисление проектных отметок состоит из двух этапов: сначала находят отметки по ломаному ходу, а затем на участках вертикальных кривых определяют поправки.

Проектные отметки по ломаному ходу считают для всех точек с известными отметками земли, а также в точках начала и конца вертикальных кривых по рекуррентной формуле (38)

$$H_j = H_{j-1} \pm i * x_j \quad (38)$$

где H_j – искомая отметка, H_{j-1} – предыдущая отметка, x_j – расстояние между точками с отметками H_j и H_{j-1} , i – уклон проектной линии (знак «+» соответствует движению на подъем, «-» – на спуск).

Пример 4.

Вычислим отметки на ПК 1+00 и ПК 1+55.

$$H_{1+00} = H_{0+00} + i * x = 179,30 - 0,015 * 100 = 177,80 \text{ м}$$

$$H_{1+55} = H_{1+00} \pm i * x = 177,80 - 0,015 * 55 = 176,97 \text{ м}$$

Далее вычисляют рабочие отметки, как разность между проектными отметками и отметками земли, по формуле (39)

$$h = H_o - H_z \quad (39)$$

где H_o , H_z – соответственно отметки оси дороги и рельефа по оси дороги.

Рабочие отметки насыпей записывают над проектной линией.

Рабочие отметки выемки – ниже проектной линии.

Пример 5. *Вычислим рабочую отметку на ПК 1+00 по формуле (34)*

$$h = H_o - H_z = 177,80 - 176,70 = 1,10 \text{ м}$$

Так как на этом ПК запроектирована насыпь, то значение рабочей отметки подписывают над проектной линией.

Вычислим рабочую отметку на ПК 1+55.

$$h = H_0 - H_z = 176,97 - 177,51 = -0,54 \text{ м}$$

Знак «-» показывает, что в этом месте запроектирована выемка, поэтому значение рабочей отметки подписывают под проектной линией. Знак «-» не пишут.

3.6.5. Проектная линия на пересечении водотоков

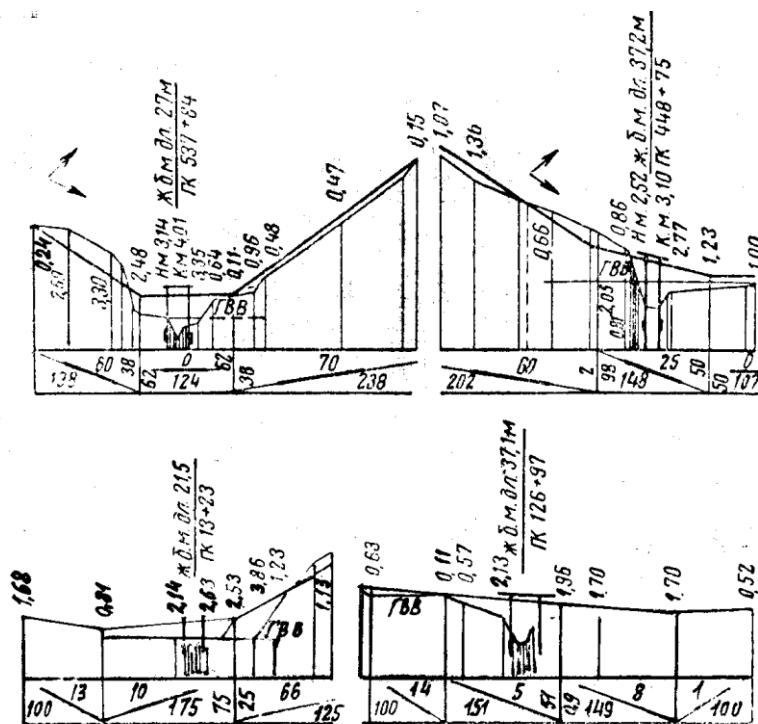
При проектировании участков дорог со сложными дорогостоящими и искусственными сооружениями (мосты, путепроводы, виадуки, эстакады и т.п.) места расположения сооружений и проложений дороги на местности выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Согласно СП 34.13330.2021 малые и средние мосты, а также трубы под насыпями разрешается располагать при любых сочетаниях элементах профиля и плана.

Продольные уклоны на мостах, у которых проезжая часть такая же как на дорогах могут быть назначены те же, какие приняты для данной категории дороги; исключение представляют деревянные настилы, продольный уклон на которых следует ограничить 20‰ при продольной укладке досок и 30‰ при поперечной укладке досок.

Для обеспечения плавности проектной линии при проектировании малых водопропускных сооружений могут быть использованы следующие примеры нанесения проектной линии у мостов и над трубами.

Рис. 10. Примеры
нанесения
проектной линии у
малых мостов
(для наглядности
вертикальные кривые
не вписаны)



Над трубами (рис.11) расположение проектной линии может быть любое, главное в данном случае – соблюдение требуемой минимальной отметки

бровки насыпи (контрольной отметки). При очень пологих склонах лога (рис. 10) для понижения бровки насыпи трубу рекомендуется заглубить, если уклон лога ниже сооружения позволит отвести воду по водоотводной канаве. Величина заглубления определяется условиями проектирования продольного профиля, но не должна быть более половины высоты трубы.

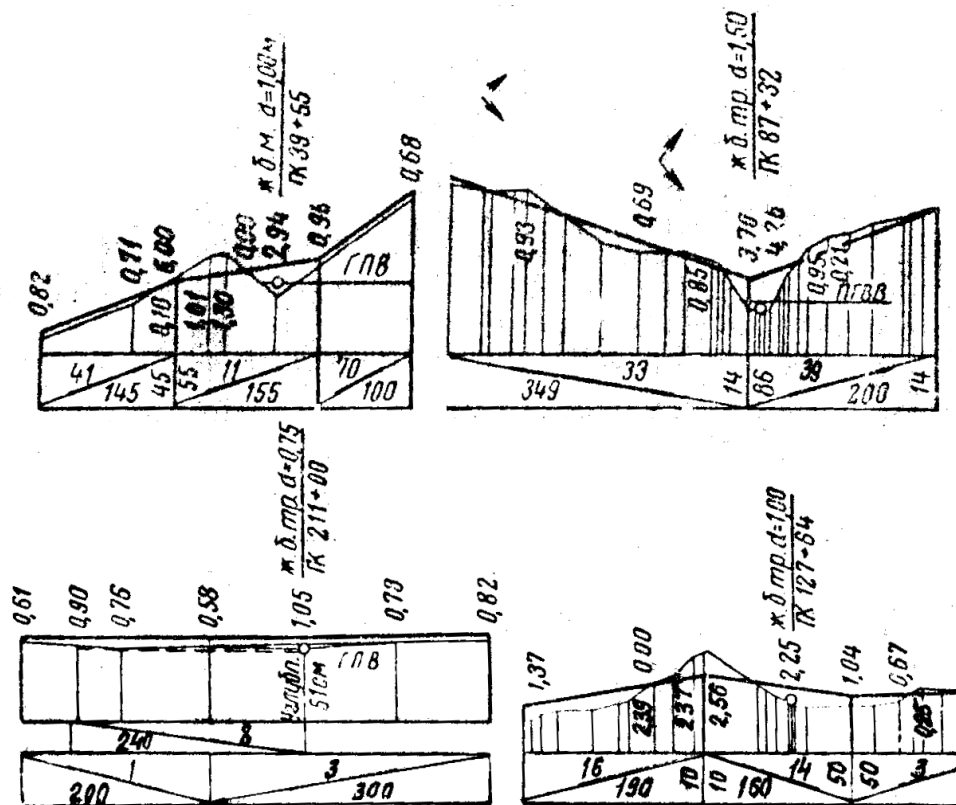


Рис. 11. Примеры нанесения проектной линии над трубами (для наглядности вертикальные кривые не вписаны)

Отметки бровки насыпей у мостов и над трубами определяют расчетом и они являются контрольными (фиксированными) точками при нанесении проектной линии.

Положение проектной линии на подходах к искусственным сооружениям должно обеспечивать их незатопляемость. На поймах высоту насыпи назначают с учетом уровня подпертого горизонта.

На больших реках, где при паводках заливаются большие пространства и возможно образование волны, отметку бровки насыпи следует назначать из расчета возвышения над уровнем волны.

На судоходных реках возвышение принимается от расчетного судоходного габарита в зависимости от класса внутреннего водного пути в соответствии с нормами проектирования подмостовых габаритов на судоходных и сплавных реках и основными требованиями к расположению мостов.

Возвышение проезжей части над подходами неизбежно, так как иначе насыпи получились бы очень высокими.

Для плавности въезда на мост уклон подходов принимают не более 30‰, а между концом подъема и началом моста вводят горизонтальную площадку, достаточную для размещения тангенсов вертикальных кривых.

При пересечении дорог в разных уровнях высота насыпи у путепроводов и отметка его проезжей части определяется высотой габарита, установленного для пересекаемой дороги, и конструктивной высоты пролетного строения. Согласно СП 35.13330.2012 «Мосты и трубы», высота габарита в зависимости от материала и типа подвижного состава при пересечениях принимаются на:

- железной дороге - 6,5 - 7,0 м,
- автомобильной - 4,5 м,
- на скотопрогонах – 2,5 м.

3.7. Оформление продольного профиля

В проектных организациях продольный профиль составляют на миллиметровой бумаге в туши или с помощью компьютерной программы.

При учебном проектировании вычерченный продольный профиль, на все проектируемые варианты трассы, на миллиметровой бумаге продольный профиль – основной технический документ проекта (в туши).

Все линии построения (непроектные) продольного профиля, ординаты продольного профиля, линия поверхности земли, грунтовой разрез, линия сетки – вычерчивают черной тушью (по указанию руководителя проекта), проектная линия и все линии других проектных данных – жирной или красной тушью).

Размеры (по высоте) цифр отметок земли по оси на пикетах, по бровке земляного полотна на переломах обычно составляют 3 мм, всех промежуточных – 2 мм, цифр километража – 5 мм, рабочих отметок – 2 мм.

При большой густоте плюсовые отметки располагают в шахматном порядке в промежутках между пикетными отметками или делают выноски.

Проектные и рабочие отметки продольного профиля при проектировании новых дорог (при целине) относятся к бровке земляного полотна, а для дорог с бортами или подзорами – к пониженной точке у борта или дна подзора. Рабочие отметки с точностью до 1 см надписывают на расстоянии 0,5 см от проектной линии.

Отметки оси земли, полученные интерполяцией, заключают в скобки.

Пикетаж в продольном профиле дают нарастающим числом с нумерацией между километрами от 0 до 9. На коротких участках можно давать нумерацию пикетажа сквозную.

Все надпрофильные надписи (искусственные сооружения, репера, съезды и переезды, нагорные канавы, водосборы) должны быть изображены в условных знаках и подписаны красным цветом.

У проектируемых водопропускных сооружений (мостов, труб) указывают уровень ГПВ и ГВВ (ГПВ - горизонт паводковых вод), (ГВВ – горизонт высоких вод), диаметры и размеры сооружения тоже красным цветом.

В конце профиля помещают штамп (Приложение 5).

В отличие от продольного профиля нового участка дороги на продольном профиле при реконструкции дороги дают проектные отметки отнесенные не к бровке земляного полотна, а к оси дороги.

Такой профиль вычерчивают в тех случаях, когда существующую дорожную одежду используют при проектировании новой одежды.

Линию поверхности земли наносят пунктиром, ось существующей дороги – тонкой черной линией, а проектную – жирной черной или красной (при вычерчивании продольного профиля в туши).

Указания по составлению продольного профиля вновь проектируемой дороги относятся и к составлению профиля реконструируемой дороги.

При вычерчивании продольного профиля курсового проекта используют два цвета (черный и красный). *Красным цветом* оформляют: рабочие отметки, проектную линию, вертикальные кривые и их элементы, искусственные сооружения, развернутый план трассы, проектные уклоны, проектные отметки, длины прямых и кривых, километровые знаки, проектные отметки кюветов и их уклоны, обозначения НК и КК, тип принятых поперечных профилей земляного полотна.

Все остальные данные наносят *черным цветом*.

Пример оформления записки по вопросу проектирования продольного профиля

Продольный профиль запроектирован по нормативам дороги _____ категории с учетом требований безопасности и надежности, рельефных, грунтовых, гидрологических, гидрогеологических и климатических условий местности.

Основные показатели продольного профиля:

наибольший продольный уклон - _____ ‰

наименьший радиус вертикальных кривых:

выпуклой - _____ м

вогнутой - _____ м

наибольшая рабочая отметка - _____ м

наименьшая рабочая отметка - _____ м

Геологический разрез представлен (шурфами / скважинами) в количестве _____ шт.

Продольный профиль разработан с применением программного комплекса «Robur Автомобильные дороги», «AutoCAD-2020» в соответствии с нормативами СП 34.13330.2021.

ГЛАВА 4. ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

4.1. Понятия поперечный профиль, прочность земляного полотна, устойчивость

Поперечным профилем земляного полотна называется поперечный разрез дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной к оси дороги который представляет собой схематичный чертёж, конструкции земляного полотна совместно с дорожной одеждой и системой водоотвода.

Под *прочностью земляного полотна* понимается его способность сохранять, не деформируясь при действии внешних сил и природных факторов, приданные ему, при строительстве, форму и размеры.

Под *устойчивостью* понимается сохранение положения в пространстве, без смещений и просадок, предусмотренное проектом.

Полоса отвода - отвод земли под строительство автомобильной дороги, включая все инженерные сооружения, обеспечивающие строительный процесс и ее работу.

Постоянный отвод включает в себя площади, занимаемые под насыпи и выемки земляного полотна, транспортные развязки, комплекс дорожных и автотранспортных служб и т.п. Размеры площади постоянного отвода определяют в соответствии с нормами отвода земель для автомобильных дорог.

Временный отвод - земли, отводимые на период строительства, включающие боковые резервы грунта, временные производственные базы, карьеры, землевозные объездные дороги, земли, нарушаемые при переустройстве различных коммуникаций и сооружений.

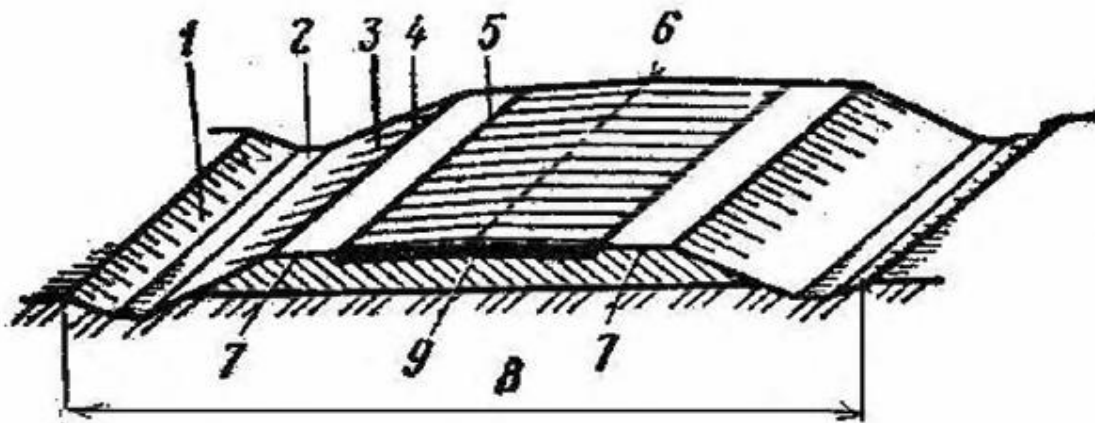


Рис.12. Поперечный профиль насыпи автомобильной дороги:

- 1 - внешний откос канавы; 2 - дно боковой канавы (кювета); 3 - откос насыпи;
4 - бровка земляного полотна; 5 - кромка проезжей части; 6 - ось дороги;
7 - обочины; 8 - земляное полотно; 9 - проезжая часть

В зависимости от рельефа местности земляное полотно может быть в виде насыпи (рис. 12) или выемки.

Для отвода поверхностных вод с дороги и использования грунта при отсыпке насыпи с одной или обеих сторон земляного полотна устраивают боковые канавы (кюветы) и резервы.

При устройстве выемок грунт из них, как правило, используется для возведения смежных насыпей.

При размещении земляного полотна на косогоре для отвода воды от него с нагорной стороны устраивают кюветы, нагорные канавы, кювет-резервы и другие водоотводные сооружения. Линии, отделяющие проезжую часть от обочины, называются кромками проезжей части, расстояние между которыми и определяет ширину проезжей части дороги. Линии, отделяющие обочины от внутренних откосов земляного полотна, называются бровками земляного

полотна, а расстояние между ними определяет ширину земляного полотна дороги. Расстояние от бровки земляного полотна до поверхности земли определяет высоту насыпи или глубину выемки.

Боковыми поверхностями насыпей и выемок являются откосы, крутизна которых должна обеспечивать устойчивость земляного полотна и способствовать обеспечению безопасности движения

Крутизна характеризуется отношением высоты откоса к его горизонтальной проекции - заложению (рис. 13):

$$H : mH = 1 : m \quad (40)$$

где m - крутизна откоса, показывающая, во сколько раз проекция откоса больше или меньше его высоты.

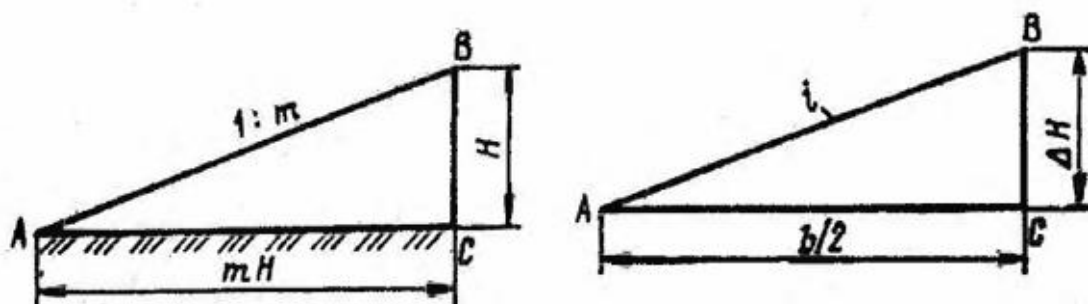


Рис.13. Схема к определению крутизны откоса насыпи и поперечного уклона проезжей части

4.2. Требования, предъявляемые к земляному полотну

Поперечные профили земляного полотна следует проектировать с учётом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, свойства грунтов, используемых в земляном полотне, условий производства работ по возведению полотна, природных условий района строительства и особенностей инженерно-геологических условий участка строительства, опыта эксплуатации дорог в данном районе, исходя из обеспечения требуемых прочности, устойчивости и стабильности, как самого земляного полотна, так и дорожной одежды при наименьших затратах на стадиях строительства и эксплуатации, а также при максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе окружающей природной среде.

Земляное полотно должно:

- обеспечивать безопасность, бесперебойность и удобство движения транспортных средств;
- сохранять проектные очертания и требуемую прочность в течение заданного срока службы;
- не подвергаться образованию просадок и пучин;
- не нарушать окружающий ландшафт местности;
- быть независимым снегом или песком.

В соответствии с требованиями СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги», разработаны типовые альбомы конструкций земляного полотна 503.0.- 48.87 «Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования» для насыпей высотой до 12 м и выемок глубиной до 12 м в обычных грунтах и до 16 м - в скальных. На основании многолетнего опыта разработаны также типовые конструкции земляного полотна:

- на болотах глубиной до 4 м;
- на засоленных грунтах;
- орошаемых землях;
- в районах подвижных песков.

В ряде случаев, учитывая особенности природно-климатических условий района строительства (характер и условия залегания грунтов, наличия подземных и поверхностных вод, возможное влияние опасных геологических процессов), следует применять *индивидуальные решения* по проектированию поперечных профилей земляного полотна при соответствующих обоснованиях:

- для насыпей с высотой откоса более 12 м;
- для насыпей на участках временного подтопления, а также при пересечении постоянных водоёмов и водотоков;
- для насыпей, сооружаемых на болотах глубиной более 4 м, с выторфовыванием или при наличии поперечных уклонов дна болота более 1:10;
- для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях;
- при возвышении поверхности покрытия над расчётным уровнем воды, менее указанного в СП 34.13330.2021;
- при применении прослоек (теплоизолирующих, дренирующих, капилляропрерывающих, армирующих и т. п.);
- для выемок с высотой откоса более 12 м. в нескальных грунтах и более 16м, в скальных при благоприятных инженерно-геологических условиях;
- для выемок, вскрывающих водоносные горизонты или имеющих в основании водоносный горизонт, а также в глинистых грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5;
- для выемок с высотой откоса более 6м в пылеватых грунтах в районах избыточного увлажнения, а также в глинистых грунтах и скальных размягчаемых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием погодно- климатических факторов;
- для насыпей и выемок, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях: на косогорах круче 1:3, на участках с наличием или возможностью развития оползневых явлений, оврагов, карста, обвалов, осыпей, селей, снежных лавин, наледи, вечной мерзлоты и т. п.;
- при возведении земляного полотна с применением взрывов или гидромеханизации.

Индивидуально необходимо также проектировать водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие

устойчивость земляного полотна в сложных условиях, а также участки сопряжения земляного полотна с мостами и путепроводами.

4.3. Типовые поперечные профили земляного полотна

Геометрическая форма поперечных профилей дорог I-III категорий разработана обтекаемого (рис.14) и необтекаемого очертания (рис.15-18).

Насыпи и выемки обтекаемого очертания, имеющие пологие откосы, способствуют следующему:

- незаносимости дороги снегом;
- повышению безопасности движения, так как водитель чувствует себя уверенней, когда видит весь откос, а не только бровку земляного полотна, и автомобиль, потерявший управление, имеет возможность съехать по пологому откосу насыпи;
- лучшему вписыванию в окружающий ландшафт.

Земляное полотно обтекаемого очертания (рис.14) рекомендуется во всех случаях, за исключением стесненных условий или при проложении дороги по ценным землям.

Типовые поперечные профили предусматривают крутизну откосов насыпей из песчаных и глинистых грунтов в обычных условиях в зависимости от высоты насыпи и категории дороги:

при $H_{\text{нас}} < 3$ м на дорогах I-III категорий - 1:4, тип 1, 2;

при $H_{\text{нас}} < 2$ м на дорогах IV-V категорий - 1:3, тип 1, 2;

при $H_{\text{нас}}$ от 3 до 6 м на дорогах I-III и при $H_{\text{нас}}$ от 2 до 6 м на дорогах IV-V категорий - 1:1,5, тип 3;

при $H_{\text{нас}}$ от 6 до 12 м на дорогах I-V категорий верхнюю часть $H = 6$ м принимают 1: 1,5, нижнюю-1:1,75;

Для выемок внутренний откос независимо от глубины выемки принимается 1:3.

Крутизна внешнего откоса выемки в зависимости от ее глубины принимается:

- при $H_{\text{в}} < 1$ м - на снеготаносимых участках – 1:6 – 1:10, раскрытые, тип 7А или разделанные под насыпь - 1:1,5 - 1:2, тип 7Б;

- при H менее 1 м - на снеготаносимых участках или в стесненных условиях – 1: 1,5, тип 8;

- при $H_{\text{в}}$ от 1 до 5 м на снеготаносимых участках 1:1,5 -1:2 с дополнительной полкой или обочинами шириной не менее 4 м, тип 9, на снеготаносимых - 1:1,5;

- при $H_{\text{в}}$ от 5 до 12 м - 1:1,5, тип 10.

Выемки глубиной до 1 м при наличии необходимой полосы отвода предусматривают разделанными под насыпь.

При расположении земляного полотна на косогорах крутизной $1:10 \div 1:5$, с нагорной стороны насыпей на расстоянии не менее 2 м, предусматривают нагорную (водоотводную) канаву или резерв с нагорной канавой. При крутизне косогора $1:5 \div 1:3$ с нагорной стороны насыпи предусматривают

кювет треугольного сечения с нагорной канавой и банкетом, а под телом насыпи устраивают уступы высотой не менее 0,5 м, длиной не менее 2 м с уклоном 10-20‰. С нагорной стороны выемок на расстоянии не менее 5 м от бровки предусматривают нагорную канаву с банкетом.

При $H_{\text{нас}} > 1,5$ м при необтекаемом очертании поперечного профиля и при $H_{\text{нас}} > 2$ м при обтекаемом очертании между откосом насыпи и резервом предусматривают берму шириной не менее 2 м с уклоном от дороги не менее 20‰.

В выемках бермы предусматривают между кюветом и подошвой внешнего откоса при $H_b > 2$ м в пылеватых и глинистых грунтах.

Типовые конструкции земляного полотна не разрешается применять и, следовательно, необходимо их индивидуальное проектирование:

- при высоте насыпей и глубине выемок более 12 м;
- при устройстве насыпей на слабых грунтах, поймах рек, болотах глубиной более 4 м или при меньшей глубине, когда не предусматривается выторфовывание, или когда уклон дна болота более 1:10;
- при расположении земляного полотна на очень крутых или неустойчивых склонах;
- при устройстве выемок в неблагоприятных гидрологических условиях и если предусматривается устройство земляного полотна взрывным способом или методом гидромеханизации.

Грунт из выемок, как правило, должен быть использован для возведения насыпей. Если грунт из выемки непригоден для насыпи или его нецелесообразно транспортировать вдоль дороги в расположенные поблизости насыпи, им уполаживают откосы земляного полотна насыпей и заполняют расположенные вблизи пониженные участки местности. При невозможности использования грунта для указанных целей предусматривают его укладку на обресте дороги параллельно бровке выемки на расстоянии не менее 3 м в кавальер. Кавальеру придают правильное геометрическое очертание (чаще в виде трапеции) высотой не более 3 м.

Поперечные уклоны

Для обеспечения стока воды с верхней части земляного полотна проезжей части и обочинам придают поперечные уклоны.

Их назначают в зависимости от категории дороги, дорожно-климатической зоны, типа покрытия, типа укрепления и т.д.

Поперечные уклоны проезжей части в зависимости от дорожно-климатической зоны для дорог II-IV категорий:

- I дорожно-климатическая зона – 15 ‰;
- II-IV дорожно-климатические зоны – 20 ‰;
- V дорожно-климатическая зона – 15 ‰.

Обочинам придают больший уклон, по сравнению с уклоном проезжей части на 10-30 ‰, т. к. на их поверхности при эксплуатации могут появляться неровности, вызванные заездом автомобилей.

Укрепление обочин

На автомобильных дорогах I-II категорий обочины должны быть укреплены на ширину не менее чем 0,75 м бетонными плитами, мощением щебнем или гравием, обработанными вяжущими. Остальную часть обочины укрепляют засевом травы, щебнем, гравием.

На автомобильных дорогах III-IV категорий обочины уплотняют и засевают низкорослыми травами, ширину укрепленной прочными материалами полосы сокращают до 0,5 м.

Допускаются уклоны для обочин:

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

4.4.Вычерчивание поперечного профиля земляного полотна

Поперечные профили автомобильных дорог должны быть представлены чертежами. Чертежи поперечного профиля выполняют в масштабах: основной 1:200, допускаемый 1:100.

Масштабы изображения указывают в основной надписи после наименования изображения (размеры - в метрах; высоту и отметки точек - с точностью до сантиметра).

Величину уклонов указывают в промиллях (‰) без обозначения единицы измерения, крутизну откосов - в виде отношения высоты к горизонтальной проекции откоса (рис. 14-18).

На поперечном профиле конструкции земляного полотна показывают:

- ось проектируемой автомобильной дороги;
- линию фактической поверхности земли (условно);
- проектируемое земляное полотно с указанием крутизны откосов;
- ширину земляного полотна и его элементов;
- ширину проезжей части, разделительных полос, обочин и укрепительных полос;
- направление и величину уклонов верха земляного полотна и поверхности дорожной одежды;
- конструкцию дорожной одежды (схематично);
- контур и величину срезки плодородного слоя, удаления грунта за пределы полосы отвода;
- дренажные устройства и их обозначения (схематично);
- границу полосы отвода земель (при необходимости).

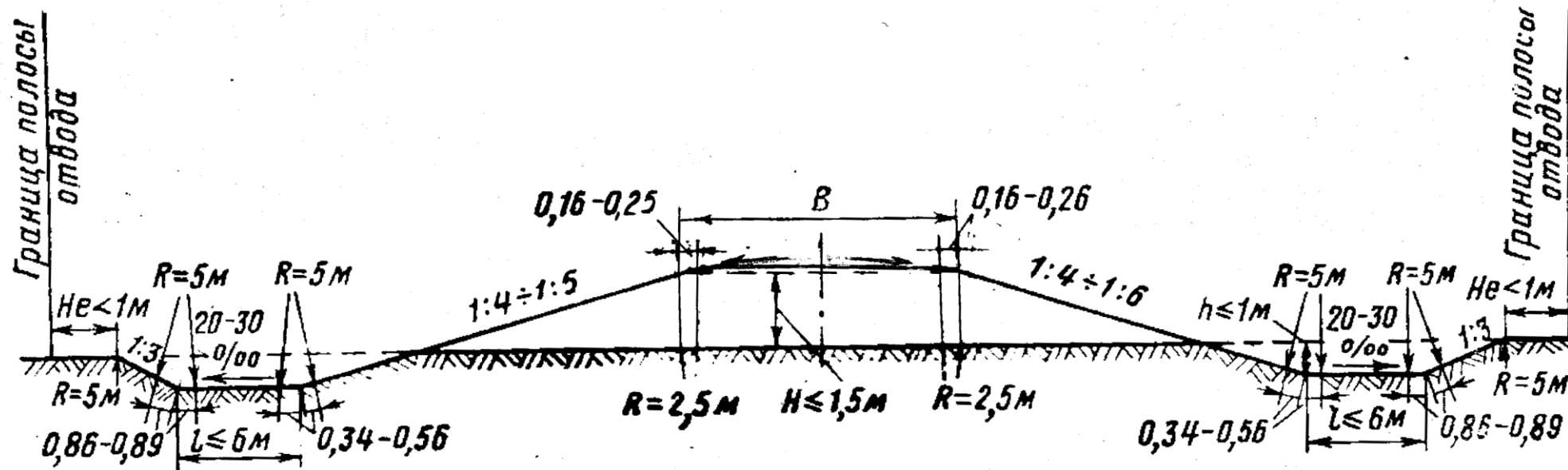


Рис.14. Обтекаемый поперечный профиль земляного полотна

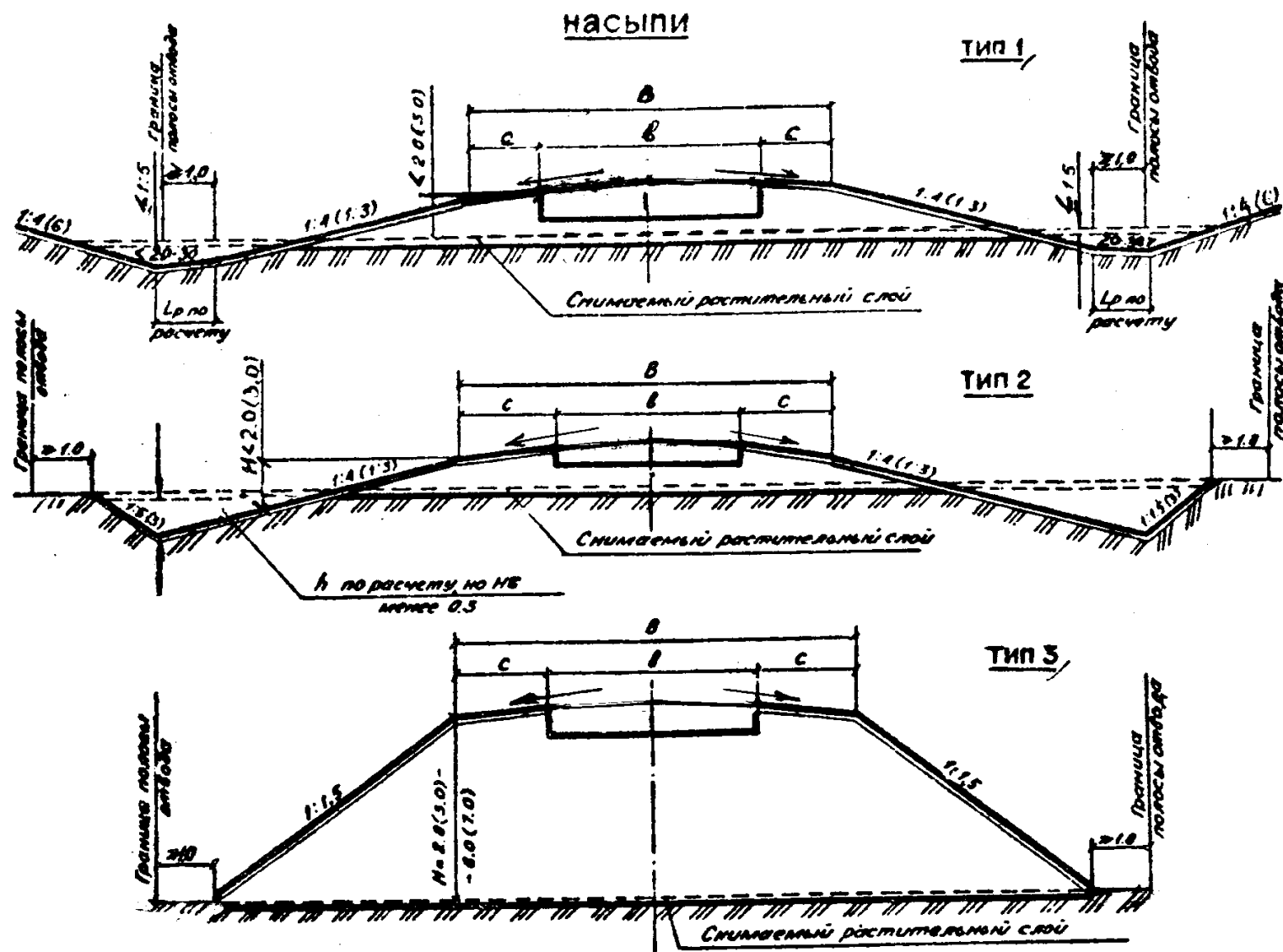


Рис.15. Типовые поперечные профили насыпей: типы 1,2,3

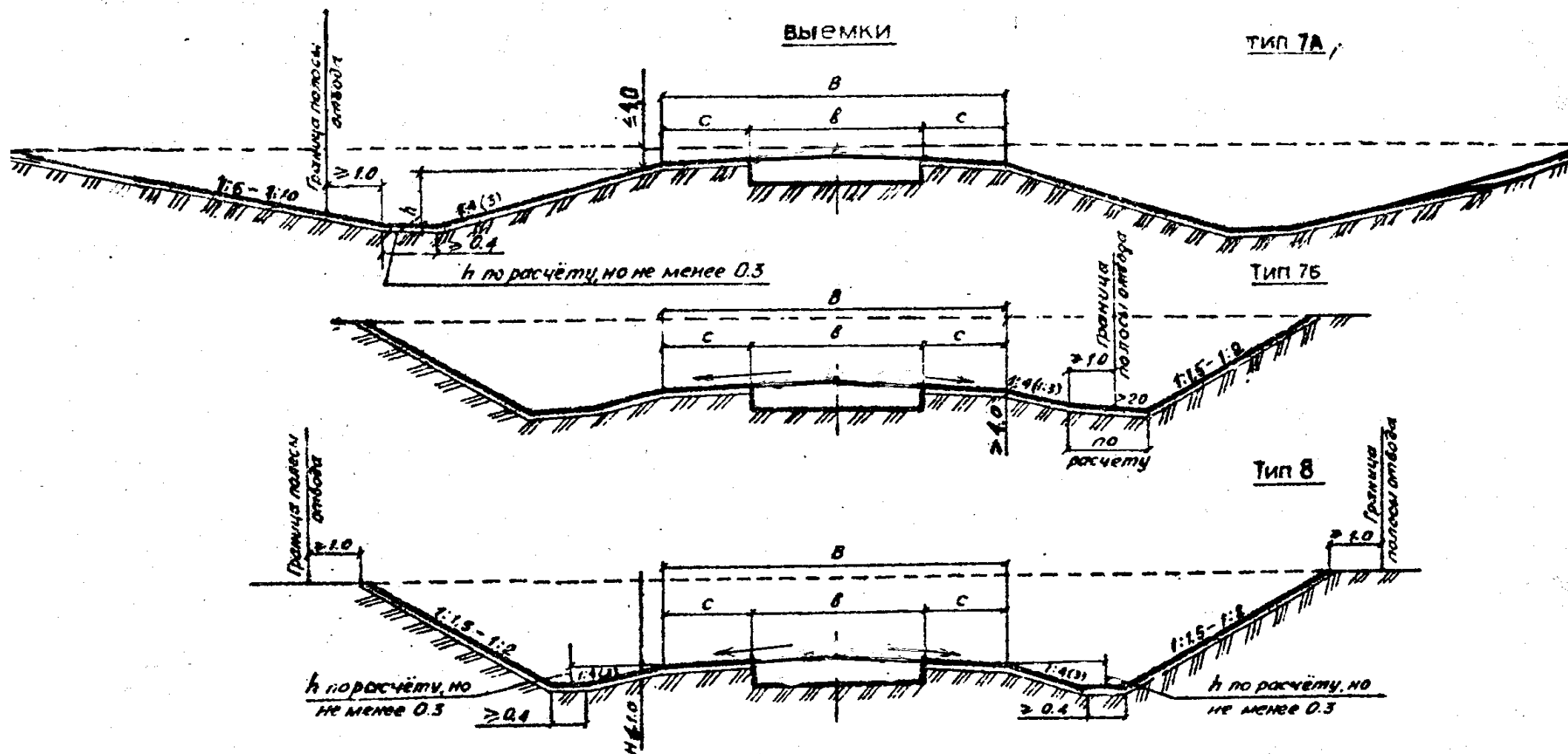


Рис.17. Необтекаемые типовые поперечные профили выемок: тип 7,8

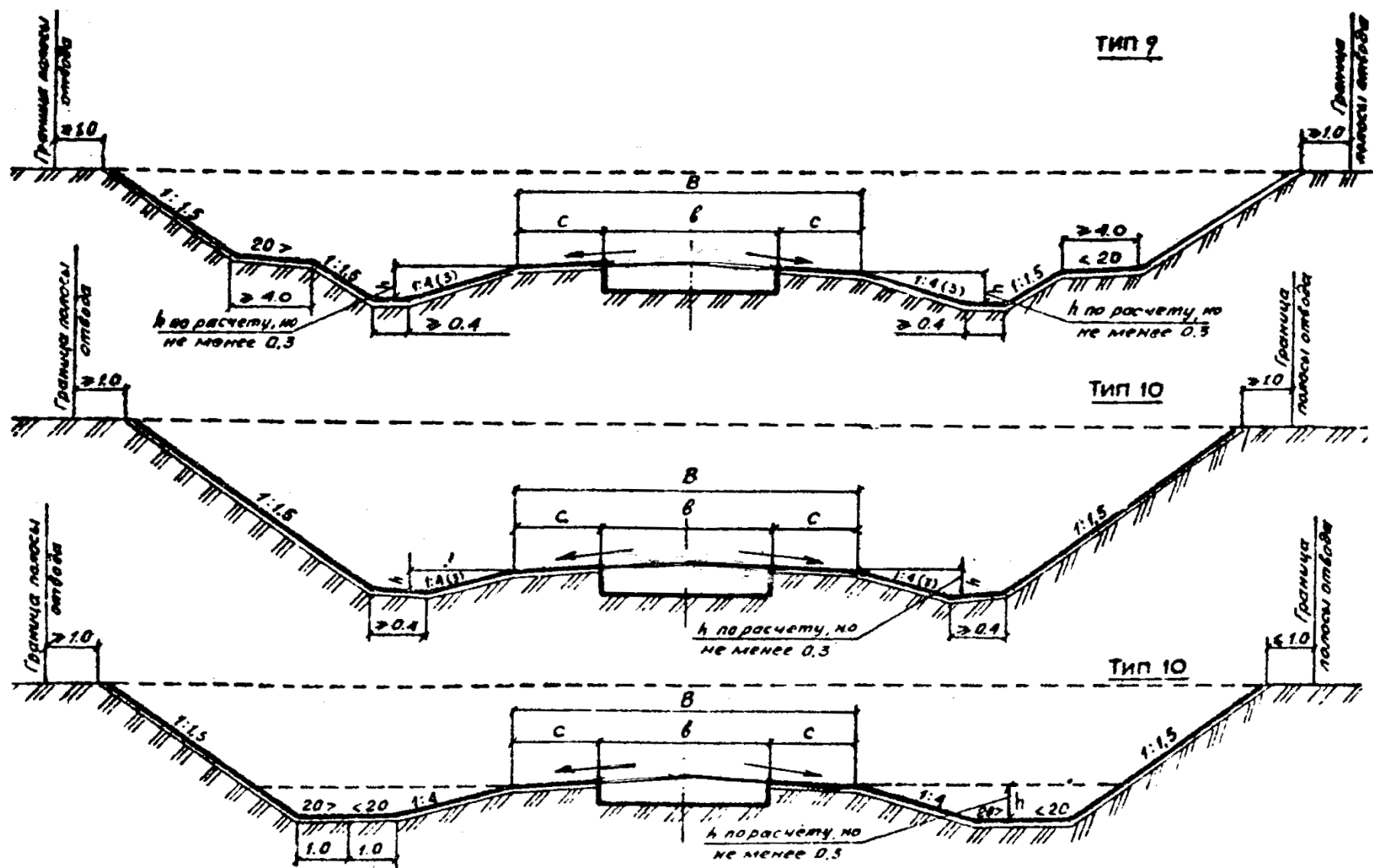


Рис.18. Необтекаемые типовые поперечные профили выемок: тип 9,10

Изображение на чертеже поперечного профиля конструкции земляного полотна выполняют линиями:

- *сплошной толстой линией* проектные контуры дороги и водоотводных сооружений;
- *сплошной тонкой линией* линию фактической поверхности земли и линии ординат от точек с её переломов, границы слоев грунта;
- *штриховой тонкой линией* линию поверхности земли в пределах снятия плодородного слоя (срезки);
- *штрих-пунктирной тонкой линией* ось проектируемой автомобильной дороги.

Типовые поперечные профили привязывают к продольному профилю автомобильной дороги. Привязка типовых поперечных профилей включает в себя их подбор по типовому проекту в соответствии:

- с участками продольного профиля (высоты насыпи или глубины выемки и расположения земляных масс, указывающих на необходимость в резервах для насыпей);
- с участками плана трассы (поперечного уклона местности и ситуации, позволяющей или не позволяющей предусматривать обтекаемые очертания поперечного профиля, боковые резервы для устройства насыпей);
- с гидрогеологическими условиями (с кюветами, нагорными канавами, водонепроницаемыми прослойками или без них);
- с видом грунта земляного полотна (из однородных или неоднородных грунтов);
- с необходимым типом укрепления откосов и обочин.

Чертеж поперечного профиля конструкции земляного полотна следует выполнять в учебных целях на формате А₃ (287х420 мм) миллиметровой бумаги в масштабе 1:100.

1. Указать ось автомобильной дороги и провести линию поверхности земли с указанием снимаемого растительного грунта. Сделать надпись - «снимаемый растительный слой».

2. От горизонтальной линии подошвы земляного полотна, проходящей через ось дороги, отложить в обе стороны в масштабе 1:100 половину ширины земляного полотна для заданной категории дороги.

3. От отмеченных точек на горизонтальной линии, откладывая в масштабе высоту насыпи (вверх от линии поверхности земли) или глубину выемки (вниз), получим положение бровок земляного полотна.

4. От бровки земляного полотна откладываем в масштабе вниз высоту насыпи (высоту насыпи плюс глубину кювета или резерва при их наличии), для выемок - глубину кювета, и на этом уровне отмечаем заложение откоса в сторону от оси дороги (заложение откоса), определяется по формуле (40):

$$L = m * H \quad (40)$$

5. Соединив полученную точку с бровкой земляного полотна, получим линию откоса насыпи или выемки.

6. Вычерчиваем ширину дна кювета или резерва, отложив от нижней точки линии откоса его значение в сторону от оси.

7. Построить внешний откос кювета (резерва).

8. Для вычерчивания внешнего откоса выемки определяют высоту откоса $H_{отк}$, которая будет равна сумме глубины кювета (резерва) и глубины выемки, определяемая по формуле (41):

$$H_o = H_b + h \quad (41)$$

где H_b - глубина выемки, м; h - глубина кювета или резерва, м.

Определив высоту откоса, откладываем заложение внешнего откоса выемки и соединив полученную точку с дном кювета (резерва), получим линию откоса.

9. Отложить от поверхности земляного полотна по оси дороги вниз толщину дорожной одежды в масштабе.

10. Нанести на чертеж размеры в метрах: ширины земляного полотна и проезжей части; глубину выемки или высоту насыпи; ширину кюветов (резервов); уклоны линии поверхности дорожной одежды (покрытия) и линии поверхности обочины; крутизну откосов.

11. Обозначить границу полосы отвода и сделать надпись - «Граница полосы отвода».

12. Вычислить характерные отметки поперечного профиля: отметка бровки земляного полотна; отметка дна кювета (резерва); отметка поверхности покрытия по оси автомобильной дороги при заданной отметке земли по оси дороги (согласно задания).

13. Обвести линии чертежа.

Пример оформления чертежа (Приложение 10).

Таблица 8

Крутизна откосов для различных характеристик насыпей и выемок

Характеристика насыпей и выемок	Крутизна откосов насыпей и выемок
Насыпи высотой до 6м из глинистых грунтов	1:1,5
Насыпи высотой более 6м; откос нижней части насыпи высотой от 6 до 12 м	1:1,75
Насыпи высотой до 12м из несцементированных обломочных грунтов	1:1,5
Насыпи высотой до 6м из камня слабовыветрившихся скальных пород (в зависимости от крупности от крупности, постелистости и прочности камня)	1:1 – 1:1,5
Насыпи в поймах рек (в зависимости от свойств грунта, скорости течения воды и типа укрепления)	1:1,5– 1:2
Насыпи высотой до 2 м	1:3 - 1:4
Выемки глубиной до 12 м в песчаных и глинистых грунтах однородного напластования	1:1,5
Выемки в лессах: В условиях засушливого климата В условиях в зависимости от глубины и прочности грунта выемки в крупнообломочных грунтах В условиях скальных породах	1:0,1 – 1:0,5 1:0,5 – 1:1,5 1:1 – 1:1,5 1:0,2 – 1:1,5

Таблица 10

Ведомость объемов земляных работ

[illegible]

Примечание. Графы 4,5,6,7,8,9,10,11 заполняются только при подсчете по таблицам;

Графы 1,2,13,14,15 – только при подсчете по поперечникам

Графы 1,2,3,16,23 – во всех случаях.

После каждого 10-го пикета – итог за километр.

Каждый 10-й пикет выписывается дважды: последний перед итогом за километр и первый после итога за километр.

[illegible]

Пример оформления записки по вопросу проектирования земляного полотна

Согласно выданного задания грунты – супеси легкие.

Супеси легкие - грунты являются хорошим материалом для земляного полотна. Они хорошо сопротивляются размыву и устойчивы в откосах.

Ширина проектируемого земляного полотна 15,0 м (для II технической категории).

Крутизна откосов при высоте насыпи до 3,0 м принята 1:4.

При высоте насыпи от 3,0 м до 6,0 м - крутизна откосов принята 1:1,5.

Выемка глубиной до 1 м - внутренний откос 1:4, а внешний откос 1:4.

Выемка глубиной до 5 м - внутренний откос 1:4, а внешний откос 1:1,5.

Возведение земляного полотна предусмотрено слоями не более 0,3 м с тщательным послойным уплотнением пневмокатками при 20 проходах по 1 следу.

Возведение земляного полотна предусмотрено из выемки, боковых резервов, недостающий грунт для земляного полотна используется из существующего сосредоточенного резерва.

Из-под подошвы насыпи срезается растительный грунт толщиной 30 см, который затем обратно надвигается на откосы насыпи.

Отсыпка обочин земляного полотна производится из боковых резервов и привозными грунтами.

Поперечные профили земляного полотна

Согласно выданного задания основная форма земляного полотна дороги - насыпь.

В зависимости от высоты на трассе дороги запроектированы насыпи:

- высотой до 3 м (тип 3) с боковыми резервами;
- высотой до 3 м с кюветами (тип 2);
- высотой от 3 м до 6 м (тип 1).

Запроектирована также выемка (ПК 20+54 – ПК24+37; ПК31+58 – ПК37+50; ПК52+90 – ПК59+23). Грунт из выемки используется для отсыпки земляного полотна насыпи.

Привязка поперечников приведена (табл. 19).

Поперечные профили приняты в соответствии с требованиями норм СП 34.13330.2021 для дорог II категории, согласно типового альбома 503-0-48.87 «Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования»

Объемы земляных работ по возведению земляного полотна и распределение земляных масс определены по рабочим отметкам (табл. 20).

Таблица 19

Ведомость привязки типовых поперечных профилей земляного полотна

Местоположение ПК+ - ПК+	Тип поперечного профиля	Характеристика типа	Заложение откосов	Водоотводные мероприятия	Примеч.
ПК0+00 – ПК4+00; ПК24+37 – ПК26+00; ПК37+59 – ПК39+00; ПК52+00 – ПК52+90; ПК80+00 – ПК84+00	Насыпь тип 3	Высота до 3 м	1: 4	боковые резервы	
ПК4+00 – ПК9+50; ПК26+00 – ПК28+00; ПК28+00 – ПК31+58; ПК39+00 – ПК43+00; ПК47+69 – ПК52+00; ПК66+00 – ПК80+00	Насыпь тип 2	Высота до 3 м	1:4	устройство кюветов по дну 0,5 м, крутизна внешнего откоса кюветов 1:1,5	
ПК9+50 – ПК20+54; ПК43+00 – ПК47+69; ПК59+23 – ПК66+00	Насыпь тип 1	Высота от 3 до 6 м	1: 1,5		при пересечении пониженных мест

ПК20+54 – ПК21+15; ПК23+66 – ПК24+37; ПК31+58 – ПК32+58; ПК36+00 – ПК37+69; ПК52+90 – ПК53+85; ПК58+50 – ПК59+23	Выемка тип 8	глубина выемки до 1м	внутренний откос 1:4, внешний откос 1:4.		
ПК21+15 – ПК23+66; ПК32+58 – ПК36+00; ПК53+85 – ПК58+50	Выемка тип 9	глубина выемки до 5м	внутренний откос 1:4, а внешний откос 1:1,5		

Объемы земляных работ

Подсчет объемов земляных работ выполнен по таблицам [42], с введением поправок на разность рабочих отметок и на устройство дорожной одежды.

К продольным объемам необходимо вводить поправки: на разность рабочих отметок и на устройство дорожной одежды.

Поправки на устройство проезжей части определяем по формуле (51):

$$\Delta V = [S_1 - (S_2 + S_3 + S_4)] * L \quad (51)$$

где S_1 – площадь сточной призмы (выпуклости, создаваемой за счет земляного полотна) проезжей части; определяется по формуле (52):

$$S_1 = a^2 * i_{об} + b * [a * i_{об} + (b * i_{пр}) / 2], \text{ м}^2 \quad (52)$$

где $i_{пр}$ – 20‰; $i_{об}$ – 40‰; b – ширина проезжей части, $b = 7,5$ м; a – ширина обочины, $a = 3,75$ м.

$$S_1 = 3,75^2 * 0,04 + 7,5 * [3,75 * 0,04 + (7,5 * 0,02) / 2] = 2,25 \text{ м}^2$$

S_2 – площадь сечения дорожной одежды на ширине проезжей части; определяется по формуле (53):

$$S_2 = b * h_{д.о.}, \text{ м}^2 \quad (53)$$

где $h_{д.о.}$ – толщина дорожной одежды, $h_{д.о.} = 0,69$ м.

$$S_2 = 7,5 * 0,69 = 6,6 \text{ м}^2$$

S_3 – площадь сечения краевых полос; определяется по формуле (54):

$$S_3 = 2 * c' * h_{к.п.}, \text{ м}^2 \quad (54)$$

$$S_3 = 2 * 0,75 * 0,69 = 1,32 \text{ м}^2$$

где c' – ширина укрепительной полосы, $c' = 0,75$ м; $h_{к.п.}$ – толщина укрепительной полосы, $h_{к.п.} = 0,69$ м.

S_4 – площадь сечения укрепления обочин; определяется по формуле (55):

$$S_4 = 2 * c'' * h_{у.}, \text{ м}^2 \quad (55)$$

$$S_4 = 2 * 2,25 * 0,15 = 0,68 \text{ м}^2$$

$$\Delta V = [2,25 - (6,6 + 1,32 + 0,68)] * 100 = 635 \text{ м}^3$$

В объеме земляных работ, кроме профильного объема, необходимо учитывать объемы по снятию растительного слоя:

1) объемы под насыпь определяем по формуле (56):

$$V_{сн} = [B + 2 * t * (H_{ср} + h_c)] * h_c * L, \text{ м}^3 \quad (56)$$

где B – ширина земляного полотна; t – коэффициент внешнего заложения откоса; L – длина участка, м; h_c – снимаемый растительный слой, $h_c = 0,30$ м.

$$H_{ср} = (H_1 + H_2) / 2, \text{ м}^2 \quad (57)$$

где H_1 и H_2 – рабочие отметки насыпи;

2) объем снимаемого грунта в резервах определяем по формуле (58):

$$V_{ср} = 2 * (l_1 + t_1 * h_p + t_2 * h_c) * h_c * L, \text{ м}^3 \quad (58)$$

где l_1 – ширина резерва; h_p – глубина резерва; t_1 и t_2 – внешний и внутренний откосы.

Все расчеты сводим в «Ведомость объемов земляных работ» (табл. 20).

Профильный объем земляных масс составляет по основной дороге:

- насыпь – 347175 м³;
- выемка - 60239 м³.

Объем оплачиваемых земляных работ составит - 347175м³.

Возведение земляного полотна предусмотрено слоями не более 0,3 м с тщательным послойным уплотнением пневмокатками при 20 проходах по одному следу.

Из-под подошвы насыпи срезается растительный грунт толщиной 30 см, который затем обратно надвигается на откосы насыпи. Отсыпка обочин земляного полотна производится из боковых резервов и привозными грунтами. Откосы насыпи укрепляются засевом многолетних трав.

Укрепительные работы

Выбор типа укрепления откосов земляного полотна зависит от рода грунта, высоты насыпи, климатических условий местности. Насыпи высотой менее 1 м из суглинистых грунтов не укрепляют.

Согласно типового проекта 3.503.9-78 «Конструкции укрепления откосов земляного полотна и автомобильных дорог общего пользования» в данном проекте предусмотрено укрепление откосов земляного полотна и приобочной полосы обочины засевом многолетних трав.

Для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами и размыва предусмотрено устройство водоотводных канав.

Укрепление откосов и обочин земляного полотна на поперечных профилях показывается двойной линией.

Наибольшее распространение имеет укрепление механизированным посевом многолетних трав, предохраняющее земляное полотно от разрушающего действия дождевых и талых вод, ветра и температурных воздействий.

Откосы насыпи укрепляются на всем протяжении трассы засевом многолетних трав.

Таблица 21

Ведомость объемов по укреплению откосов насыпи

№ п/п	Участок трассы От ПК+ до ПК+	Протяженность, м	Ширина укрепления, м		Площадь укрепления, м ²		Примечание
			щебнем	Засевом семенами трав	фр. щебнем М-600 h=0,15м	Засевом семенами трав	
1	2	3	4	5	6	8	9
1	0+00- 84+00	8400	2,25х2	0,75х2	-	12600	С двух сторон

Таблица 20

Ведомость объемов земляных работ (фрагмент)

КМ	Пикет +	Рассто яние, м	Рабочая отметка , м		Сумма рабочих отметок, м		Разность рабочих отметок, м		Объем профильный, м³		Разность рабочих отметок, м	Поправка на устройство ДО, м³		Поправка на снятие растит. грунта, м³		Итого земляных работ, м³	
			насыпь	выемка	насыпь	выемка	насыпь	выемка	насыпь	выемка		насып ь	выемка	насыпь	выемка	насыпь	выемка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0+00		0,00														
		100			0,09		0,09		75		0	635		31			529
	1+00		0,09														
		100			0,71		0,53		559		4	635		245		169	
	2+00		0,62														
		100			2,02		0,78		1668		8	635		697		1730	
	3+00		1,40														
		100			3,80		1,00		3391		13	635		1311		4067	
	4+00		2,40														
		100			6,51		1,71		6484		36	635		781		6630	
	5+00		4,11														
		100			8,48		0,26		9057		1	635		1018		9440	
	6+00		4,37														
		100			10,18		1,44		11521		26	635		2443		13329	
	7+00		5,81														
		100			10,54		1,08		12071		15	635		1265		12701	
	8+00		4,73														
		100			8,70		0,76		9363		7	635		1044		9772	
	9+00		3,97														
		100			5,98		1,96		5826		48	635		2063		7254	
	10+00		2,01														
Итого 1км		1000							60015		158	6350		10898		65092	529
1	10+00		2,01														
		100			3,31		0,71		2903		6	635		1142		3410	
	11+00		1,30														
		100			2,13		0,47		1777		3	635		735		1877	
	12+00		0,83														
		100			1,86		0,20		1525		1	635		642		1532	

Список литературы:

1. Вязова Е.В., Еремеева С.С. Основы проектирования автомобильных дорог. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» по профилю «Автомобильные дороги» всех форм обучения / Е.В. Вязова, С.С. Еремеева. Чебоксары: ВФ МАДИ, 2019. – 116 с.
2. ГОСТ Р 21.101-2020 «Основные требования к проектной и рабочей документации».
3. ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация».- М.: Госстрой, 1996.
4. ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования». – М.: Стандартинформ, 2006.
5. ГОСТ Р 52399-2005 «Геометрические элементы автомобильных дорог». – М.: Стандартинформ, 2006.
6. «Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах» утвержденному распоряжением Минтранса России от 19.06.2003г. №ОС-555-р.
7. СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги».
8. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика».
9. СП 131.13330.2012 "Строительная климатология" (актуализированная редакция СНиП 23-01-99*).
10. СП 34.13330-2012 «Свод правил. Автомобильные дороги». Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85), 2012г.
11. СП 35.13330-2011. «Свод правил. Мосты и трубы». (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84), 2011г.
12. Т.В. Гавриленко, сайт <http://road-project.okis.ru>
13. Типовой альбом 503-0-48.87 «Поперечные профили земляного полотна».
14. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Титульный лист

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ МАДИ

Кафедра **Строительство дорог и инженерной экологии**

Дисциплина **Основы проектирования автомобильных дорог**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ №1

Тема: Основы проектирования автомобильных дорог,
вариант

Выполнил студент:
факультета _____
курса _____ группы _____

Ф.И.О.

Руководитель

оценка _____
« ____ » _____ 20 ____

Чебоксары, 202__

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Бланк задания

дисциплина: *Основы проектирования автомобильных дорог*

Задание

на курсовой проект № 1 «Основы проектирования автомобильных дорог»

Студенту _____
(Ф.И.О., группа)

1. Исходные данные для выполнения проекта:

1. Топографическая карта местности в масштабе 1 : 10000 (1:25000).
2. Дорога проектируется между: _____
3. Данные о составе и интенсивности движения: _____
4. Интенсивность движения, полученная по результатам титульных дорожно-экономических обследований с учётом изменений состава движения _____
5. Прирост интенсивности _____
6. Район проложения трассы _____
7. Грунтовые условия:
Супеси на глубине _____, Суглинки на глубине _____
Глины на глубине _____, Пески на глубине _____
Растительный слой _____.
8. Уровень грунтовых вод _____
9. Уровень поверхностной воды _____

2. Состав проекта:

а). Пояснительная записка

Введение (актуальное состояние дорожной сети в рассматриваемом регионе, цели, задачи проектирования)

Глава 1. Характеристика района проектирования автомобильной дороги

1.1. Общая характеристика района проектирования

1.2. Транспортная сеть

1.3. Природно-климатическая характеристика

1.3.1. Климат

1.3.2. Гидрология

1.3.3. Рельеф. Геология

1.3.4. Почвы и растительность

1.3.5. Полезные ископаемые. Дорожно-строительные материалы

1.4. Определение интенсивности движения, определение технической категории дороги и технических нормативов.

Глава 2. План трассы и продольный профиль (выбор направления трассы по топографической карте с соблюдением требований безопасности движения. Описание варианта трассы, закрепление трассы. Определение величины радиусов круговых и переходных кривых и их элементов, составление ведомостей. Проектирование продольного профиля).

Глава 3. Земляное полотно (определение типов поперечных профилей, подсчёт объёмов земляных работ).

Заключение

Список используемой литературы

б). Графическая часть (может быть выполнена с использованием программных комплексов)

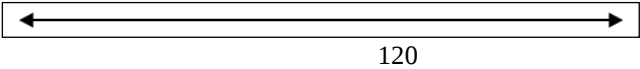
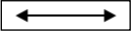
1. План трассы в масштабе 1 : 10000 (1 : 25000) (формат A₂ (A₁)).

2. Продольный профиль в масштабе: горизонтальный 1 : 5000, вертикальный 1 : 500, для грунтов 1 : 50.

3. Поперечные профили земляного полотна (формат A₄ (A₁)).

Преподаватель _____/Е.В.Вязова/ Студент _____/_____/

образец углового штампа
на листах
пояснительной записки

		
120		15
ИиПАД, КП-01-24		Лист
		№ п/п

5

10

Образец углового штампа на 1-м листе содержания пояснительной записки

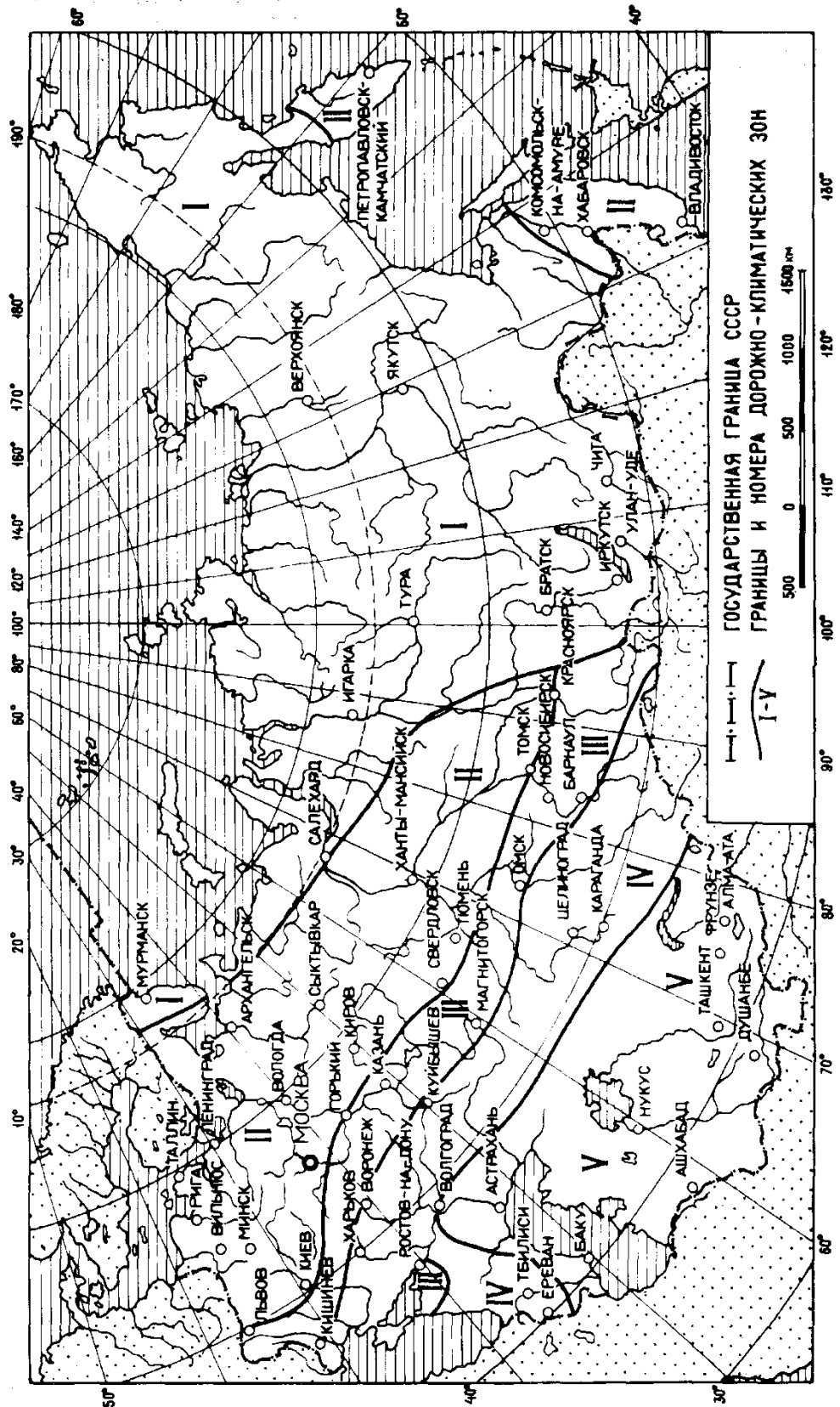
Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата	ИиПАД. КП-01-24			
Зав. каф							
Н.Контроль							
Консультант							
Консультант				Основы проектирования автомобильных дорог, вариант ____	Стадия	Лист	Листов
Разработал					у		
Проверил				Наименование главы	Волжский филиал МАДИ Направление 08.03.01 Группа-____		
Утвердил							

образец углового штампа на листах
графической части КП

65					120			

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Дорожно - климатическое районирование России



ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Элементы круговых кривых при $R=1000$ м

Угол поворо- та, град	Тангенс T	Кривая K	Домер $D=2T-K$	Биссектриса B	Угол поворо- та, град	Тангенс T	Кривая K	Домер $D=2T-K$	Биссектриса B
0	0	0	0	0	46	424,475	802,851	46,097	68,360
1	8,727	17,454	0	0,038	47	434,812	820,305	49,319	90,441
2	17,455	34,907	0,003	0,152	48	445,229	837,758	52,700	94,636
3	26,186	52,360	0,012	0,343	49	455,726	855,211	56,241	98,948
4	34,921	69,813	0,029	0,610	50	466,308	872,665	59,951	103,378
5	43,661	87,226	0,056	0,953	51	476,975	890,118	63,832	107,929
6	52,408	104,72	0,096	1,372	52	487,733	907,571	67,895	112,602
7	61,163	122,173	0,153	1,869	53	498,582	925,025	72,139	117,400
8	69,927	139,626	0,228	2,442	54	509,525	942,478	76,572	122,326
9	78,702	157,080	0,324	3,092	55	520,567	959,931	81,203	127,382
10	87,489	174,533	0,445	3,820	56	531,710	977,384	86,036	132,570
11	96,829	191,986	0,592	4,625	57	542,956	994,838	91,074	137,893
12	105,104	209,440	0,768	5,508	58	554,309	1012,291	96,327	143,354
13	113,936	226,893	0,979	6,470	59	565,773	1029,744	101,802	148,956
14	122,785	244,346	1,224	7,510	60	577,350	1047,198	107,502	154,700
15	131,653	261,799	1,505	8,629	61	589,045	1064,651	113,439	160,592
16	140,541	279,253	1,829	9,828	62	600,861	1082,104	119,618	166,633
17	149,451	296,706	2,196	11,106	63	612,801	1099,557	126,045	172,827
18	158,384	314,159	2,609	12,465	64	624,869	1117,011	132,727	179,178
19	167,343	331,613	3,073	13,905	65	637,070	1134,464	139,676	185,689
20	176,327	349,066	3,588	15,427	66	649,408	1151,917	146,899	192,363
21	185,339	366,519	4,159	17,030	67	661,886	1169,371	154,401	199,204
22	194,380	383,972	4,788	18,717	68	674,508	1186,824	162,192	206,217
23	203,452	401,426	5,478	20,487	69	687,281	1204,277	170,285	213,406
24	212,557	418,879	6,235	22,341	70	700,208	1221,731	178,685	220,774
25	221,695	436,332	7,058	24,280	71	713,293	1239,184	187,402	228,326
26	230,868	453,786	7,950	26,304	72	726,543	1256,637	196,449	236,068
27	240,079	471,239	8,919	28,415	73	739,961	1274,090	205,832	244,002
28	249,328	488,692	9,964	30,614	74	753,554	1291,544	215,564	252,136
29	258,618	506,145	11,091	32,900	75	767,327	1308,997	225,657	260,472
30	267,949	523,599	12,299	35,276	76	781,286	1326,450	236,122	269,018
31	277,325	541,052	13,598	37,742	77	795,436	1343,904	246,968	277,778
32	286,745	558,505	14,985	40,300	78	809,784	1361,357	258,211	286,759
33	296,213	575,959	16,469	42,949	79	824,336	1378,810	269,862	295,967
34	305,731	593,412	18,050	45,692	80	839,100	1396,263	281,937	305,407
35	315,299	610,865	19,733	48,529	81	854,081	1413,717	294,445	315,087
36	324,920	628,319	21,521	51,462	82	869,287	1431,170	307,404	325,013
37	334,595	645,772	23,418	54,492	83	884,725	1448,623	320,827	335,192
38	344,327	663,225	25,429	57,621	84	900,404	1446,077	334,731	345,632
39	354,119	680,678	27,560	60,849	85	916,331	1483,530	349,132	356,341
40	363,970	698,132	29,808	64,178	86	932,515	1500,983	364,047	367,327
41	373,885	715,585	32,185	67,609	87	948,969	1518,437	379,493	378,598
42	383,864	733,038	34,690	71,145	88	965,689	1535,890	395,488	390,163
43	393,910	750,492	37,328	74,186	89	982,697	1553,343	412,051	402,032
44	404,026	767,945	40,107	78,535	90	1000,000	1570,796	429,204	414,214
45	414,214	785,398	43,030	82,392					

План трассы
М1:10000
Сечение горизонталей h=2,5 м

Розы ветров

Зима

Лето

Дорожно-климатический график

Условные обозначения:

Воздушная линия

Километровый знак

Горизонталь и их отметки

Лес

Ось проектируемой дороги

Репер

Отметки поверхности земли

Овраг

Ведомость реперов

N п/п	Номер репера	ПК+	Отметка репера	Местоположение репера		Рис. репера
				камень, м	железо, м	
1	Рп.1	0+23,91	218,02 219,12	37,30		
2	Рп.2	0+17,13	217,85 218,17		31,50	
3	Рп.3	11+16,03	258,18 258,60	79,50		
4	Рп.4	31+48,02	282,48 282,70		108,10	
5	Рп.5	39+65,00	245,01 245,23	33,00		
6	Рп.6	39+70,10	247,60 247,90		34,00	

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

N угла	Углы		Кривые								Прямые						
	Положение вершины угла	Величина угла	Элементы кривой								Расстояние между вершинами углов	Длина прямой	Азимут	Румб			
			вправо		влево		R		T						K	Б	Д
			ПК + 0+00	град.	град.	м	м	м	м	м							
ПК +	0+00																
1	11+67,94		27°54'	3000	745,4	1461,3	91,2	29,5	04+22,54	18+83,84	1167,94	422,54	237°14'	ЮЗ. 57°14'			
2	31+28,60	30°49'		3000	826,8	1613,5	111,8	40,1	23+01,80	39+15,30	1990,16	417,96	265°08'	ЮЗ. 85°08'			
КТ	40+00,00										911,50	84,70	234°19'	ЮЗ. 54°19'			

Схемы закрепления трассы

НТ Рп. 1

НТ Рп. 2

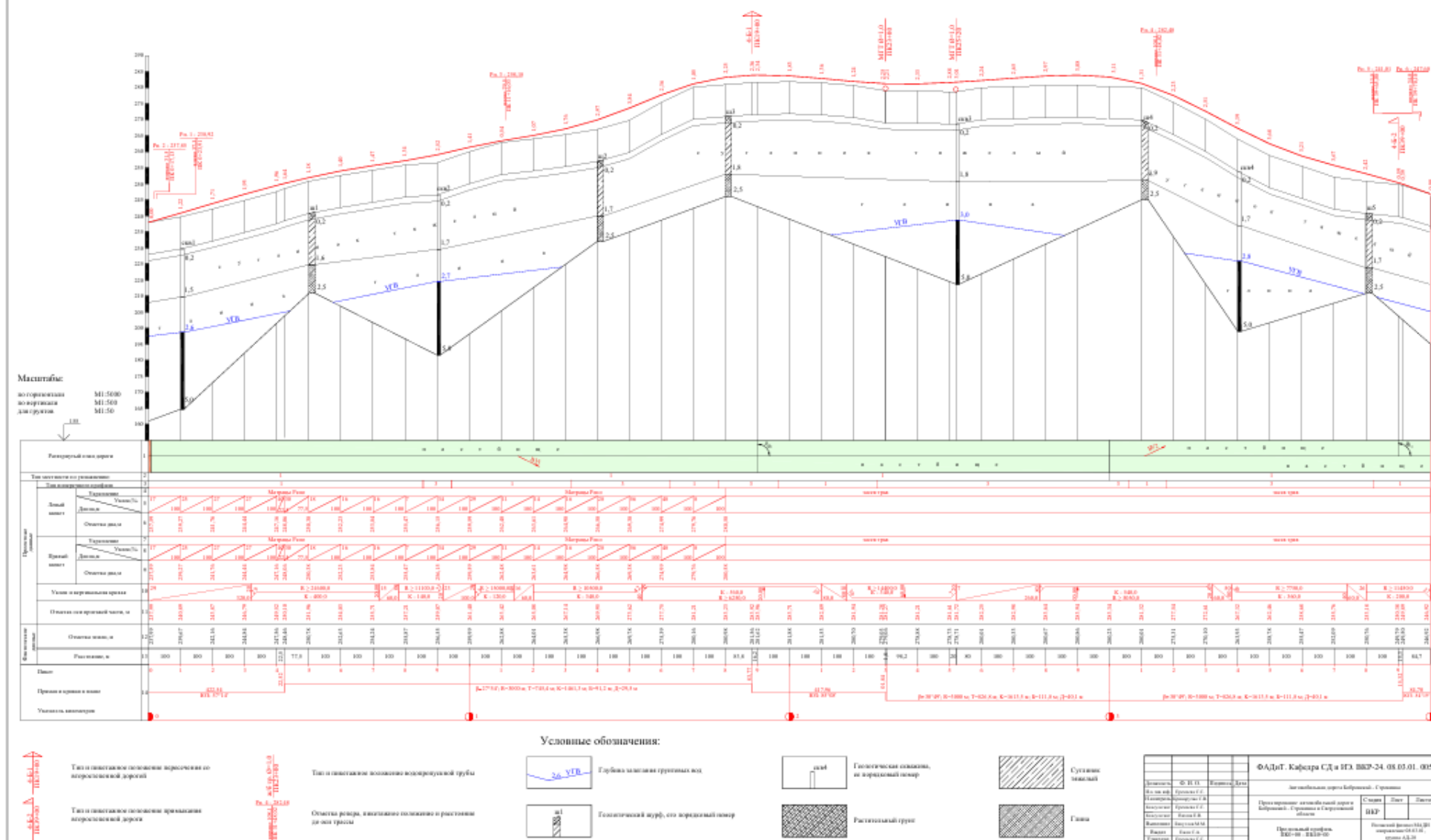
ВУ 1 Рп. 3

ВУ 2 Рп. 4

КТ Рп. 5

КТ Рп. 6

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 - Пример Продольного профиля



ПРИЛОЖЕНИЕ 11
Сетка продольного профиля

Тип местности по увлажнению				5
Проектные данные	Тип поперечного про- филя	слева	5	
		справа	5	
	левый кювет	Укрепление	5	
		Уклон, ‰, длина, м	10	
		Отметка дна, м	15	
	правый кювет	Укрепление	5	
		Уклон, ‰, длина, м	10	
		Отметка дна, м	15	
	Уклон, ‰, вертикальная кривая, м			10
	Отметка оси дороги, м			15
Фактические данные	Отметка земли, м		15	
	Расстояние, м		10	
Пикет Элементы плана Километры			20	
10	25	20	20	75
				145

Вязова Е.В.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания к курсовому проектированию
по дисциплине «Основы проектирование автомобильных дорог»
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги»
всех форм обучения

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)» Волжский филиал
428000, Чувашская Республика, г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей,
д. 101, корп.30