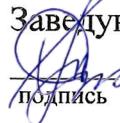


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.В. Серватинский

подпись

« 23 » июня 20 20г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.15 «Автомобильные дороги»

Руководитель


подпись, дата

20.06.20

профессор, к.т.н.
должность, учёная степень

В.И. Жуков

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

20.06.2020

Д.Д. Кулешова

инициалы, фамилия

Красноярск 2020 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области» содержит 71 страницу текстового документа, 17 иллюстраций, 20 таблиц, 58 формул, 5 приложений, 26 использованных источников, 8 листов графического материала.

АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, ПЛАН ТРАССЫ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ, ПОПЕРЕЧНЫЙ ПРОФИЛЬ, ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО, ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА, ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОБУСТРОЙСТВО, ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА.

Цель: восстановление и повышение транспортно-эксплуатационного состояния дороги до необходимого уровня.

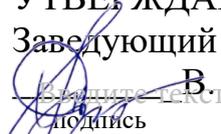
Задачи:

- проанализировать природные условия района;
- выполнить анализ состояния существующей дороги, провести комплексную оценку безопасности существующего участка и выявить необходимость в реконструкции;
- провести реконструкцию дороги, убедиться в безопасности участка с помощью комплексной оценки безопасности;
- рассмотреть деталь проекта.

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги в Иркутской области. Для этого был произведен анализ существующей дороги, по результатам которого была выявлена непригодность существующей конструкции для дальнейшей эксплуатации. Необходимость реконструкции обоснована очень быстрым ростом интенсивности движения, неудовлетворительным состоянием дорожной одежды, недопустимыми коэффициентами комплексной оценки безопасности существующего участка, несоответствием геометрических элементов нормативным показателям.

В итоге были усовершенствованы транспортно-эксплуатационные показатели посредством реконструкции участка автомобильной дороги. В частности, изменены геометрические элементы, изменена проектная линия, запроектирована дорожная одежда капитального типа, так же было запроектировано примыкание листовидного типа для увеличения безопасности.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

В. В. Серватинский
«__» _____ 2020г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ в форме
бакалаврской работы**

Студенту Кулешовой Дарье Дмитриевне
Группа ДС16-11Б
Направление 08.03.01 «Строительство»
Специальность 08.03.01.15 «Автомобильные дороги»
Тема выпускной квалификационной работы:
**РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА А/Д III КАТЕГОРИИ В ИРКУТСКОЙ
ОБЛАСТИ**

Утверждена приказом по университету №485/с от 22.01.2020г.
Руководитель ВКР В. И. Жуков, профессор, к.т.н., кафедра АД и ГС
Исходные данные для ВКР: план трассы, продольный профиль, район
проектирования, интенсивность движения. Перечень разделов ВКР:

- 1 Природные условия района проектирования
- 2 Анализ существующей дороги
- 3 Реконструкция дороги 3
- 4 Обустройство дороги
- 5 Деталь проекта
- 6 Соображения по организации реконструкции

Перечень графического материала: план трассы, комплексная оценка безопасности движения до и после реконструкции, детальный продольный профиль, типы поперечных профилей, варианты дорожной одежды, схема полосы отвода, график распределения земляных масс, линейный календарный график, детальное проектирование,.

Руководитель ВКР



подпись

В. И. Жуков

Задание принял к исполнению



подпись

Д. Д. Кулешова

« 20 » июня 2020 г.

Вуз Инженерно-строительный институт ФГАУ ВО СФУ

Кафедра Автомобильные дороги и городские сооружения

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР

На ВКР студента Кулешовой Дарьи Дмитриевны

На тему: Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области

1. Актуальность ВКР (работы)

Актуальность ВКР очевидна в связи с увеличивающейся интенсивностью и составом движения

2. Научная новизна ВКР (работы)

Работа выполнена в свете современных требований

3. Оценка содержания ВКР (работы)

ВКР обращает внимание и состав задания и полностью раскрыта

4. Положительные стороны ВКР (работы)

ВКР выполнена аккуратно, грамотно с применением современных нормативных документов

5. Замечания по работе

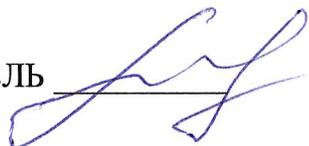
богач и исключен в процессе работы

6. Полученные результаты исследования могут быть использованы

ВКР выполнена в рамках учебного задания и не требует дополнительных усилий

7. Работа выполнена аккуратно и заслуживает оценки «отлично»

РУКОВОДИТЕЛЬ

 В.И. Михов

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Природные условия района проектирования.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Рельеф.....	7
1.3 Растительность и почвы.....	7
1.4 Инженерно-геологические условия.....	8
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов.....	8
1.6 Заключение по природным условиям.....	8
2 Анализ существующей дороги.....	8
2.1 План трассы.....	8
2.2 Земляное полотно.....	9
2.3 Искусственные сооружения.....	9
2.4 Дорожная одежда.....	10
2.5 Система обустройства.....	10
2.6 Комплексная оценка безопасности движения на существующей дороге	10
2.6.1 Расчёт скоростей движения и оценка по графикам коэффициентов	
безопасности.....	10
2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов	
аварийности.....	12
2.6.3 Оценка по пропускной способности и уровням загрузки	13
2.6.4 Заключение по комплексной оценке безопасности.....	15
3 Реконструкция дороги.....	15
3.1 Определение категории дороги.....	15
3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги.....	18
3.3 План трассы.....	19
3.4 Продольный профиль.....	20
3.4.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек.....	20
3.4.2 Описание проектной линии.....	23
3.5 Поперечный профиль.....	23
3.6 Дорожный водоотвод.....	24
3.7 Расчёт дорожной одежды.....	25
3.7.1 Расчёт первого варианта дорожной одежды.....	27
3.7.1.1 Расчёт дорожной одежды по упругому прогибу.....	29
3.7.1.2 Расчёт на прочность по критерию сдвигоустойчивости подсти-	
лающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв.....	31
3.7.1.3 Расчёт на прочность монолитных слоёв по критерию изгиба....	33
3.7.1.4 Расчёт на морозоустойчивость.....	35
3.7.2 Расчёт второго варианта дорожной одежды.....	36
3.7.2.1 Расчёт дорожной одежды по упругому прогибу.....	37
3.7.2.2 Расчёт на прочность по критерию сдвигоустойчивости подсти-	

лающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв.....	38
3.7.2.3 Расчёт на прочность монолитных слоёв по критерию изгиба....	39
3.7.2.4 Расчёт на морозоустойчивость.....	40
3.7.3 Сравнение вариантов дорожной одежды.....	41
3.8 Искусственные сооружения.....	42
3.9 Комплексная оценка безопасности движения на реконструированной дороге.....	43
3.10 Подсчёт объема земляных работ.....	43
3.11 Полоса отвода автомобильной дороги.....	45
4 Обустройство дороги.....	45
5 Деталь. Проектирование транспортной развязки.....	46
5.1 Оценка безопасности типов транспортной развязки.....	46
5.2 Проектирование примыкания листовидного типа.....	48
5.3 Обеспечение водоотвода на транспортной развязке.....	51
5.4 Обеспечение безопасности движения.....	52
6 Соображения по организации реконструкции.....	54
Заключение.....	56
Список использованных источников.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А Расчёт скоростей движения и значения коэффициентов безопасности для существующей дороги.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Коэффициенты аварийности на существующей дороге...	60
ПРИЛОЖЕНИЕ В Расчёт скоростей движения и значения коэффициентов безопасности для реконструированной дороги.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Коэффициенты аварийности на реконструированной дороге	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Объём земляных работ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации автомобильные дороги и дорожные сооружения подвергаются многолетнему и многократному воздействию транспортных средств и природно-климатических факторов.

Под совместным действием нагрузок и климата в автомобильной дороге и дорожных сооружениях развиваются деформации, появляются разрушения. Этому способствует постепенный рост интенсивности движения, и особенно увеличение осевых нагрузок автомобилей и доли тяжелых автомобилей в составе транспортного потока.

Несоответствие между требованиями к дороге и ее фактическим состоянием постепенно нарастает, особенно в условиях значительного ограничения средств, выделенных на содержание и ремонт дорог. Не выполняются многие необходимые виды ремонтных работ, накапливается недоремонт, прежде всего, покрытий и дорожных одежд.

В итоге, наступает момент, когда обычные мероприятия по содержанию и ремонту дороги уже не обеспечивают выполнение возросших требований к транспортно-эксплуатационным показателям дороги по поддержанию высокой скорости и безопасности движения.

Возникает необходимость значительного улучшения геометрических параметров дороги, прочностных и других характеристик дорожной одежды, т.е. работ по реконструкции.

Основной целью и задачей разработки проекта является восстановление и повышение транспортно-эксплуатационного состояния дороги до уровня, позволяющего обеспечить нормативные требования в период до проведения очередного ремонта, для обеспечения защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного или муниципального имущества, охраны окружающей среды.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Иркутская область входит в I₃ дорожно-климатическую зону согласно классификации по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1].

Территория Иркутской области из-за своих климатических условий выделяется среди других регионов страны, лежащих в тех же широтах, но находящихся западнее или восточнее. Климат – резко-континентальный с продолжительной и холодной зимой (5-6 месяцев) и тёплым, с обильными осадками, летом.

Зимой погода на территории данной области устанавливается безветренная, ясная и морозная, с характерными температурными инверсиями и высоким атмосферным давлением. Продолжительность зимы около 180 дней.

Лето короткое, но бывает очень жарким. Начинается в конце мая и длится примерно 90-110 дней.

Переходные периоды (осень и весна) длятся около месяца и отличаются резкими суточными колебаниями температур.

Характеристика климата Иркутской области проводится по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [2]. Данные, необходимые для расчётов и проектирования дороги, представлены в ведомости климатических показателей (таблица 1.1) и среднестатистических данных (таблицы 1.2-1.4).

Таблица 1.1 – Ведомость климатических показателей

Наименование показателя, единица измерения		Величина
1 Абсолютная температура воздуха, °С	минимальная	-5
	максимальная	36
2 Средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С обеспеченностью 0,92		-38
3 Преобладающее направление ветра	декабрь - февраль	ЮВ
	июнь - август	ЮВ
4 Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с		2,9
5 Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с		2,2
6 Средняя месячная относительная влажность воздуха, %	наиболее холодного месяца	80
	наиболее теплого месяца	74
7 Количество осадков, мм, за	ноябрь - март	87
	апрель - октябрь	402
8 Расчётная толщина снежного покрова, обеспеченностью 5%, м		0,6
9 Глубина промерзания, м		2,7

Роза ветров строится на основании данных повторяемости и скорости ветра за июль и январь, которые приведены в таблицах 1.2 и 1.3 соответственно.

Таблица 1.2 - Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	6	9	14	34	3	1	7	26
Скорость, м/с	1,3	1	1,6	2,9	2,1	0,7	2	2,8

Таблица 1.3 - Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	4	2	5	32	9	6	18	24
Скорость, м/с	2	1,3	1,8	2,2	1,7	1,4	2,3	3

По данным таблиц 1.2 и 1.3 строятся розы ветров (рисунок 1.1).

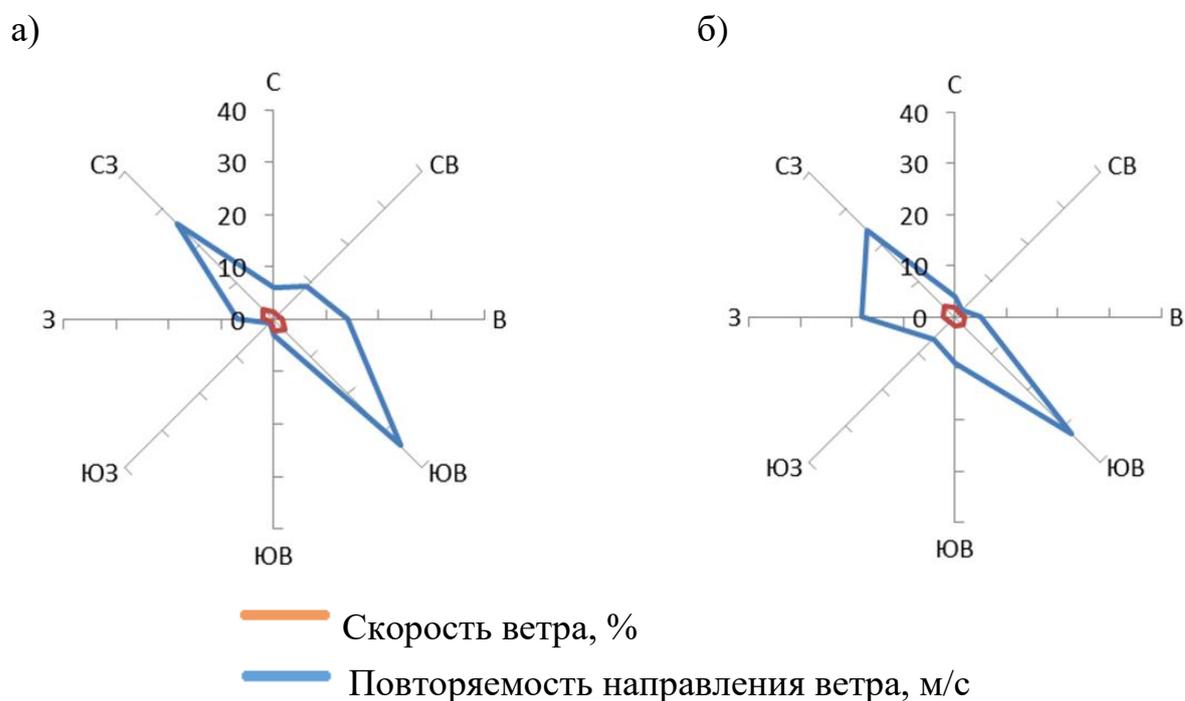


Рисунок 1.1 – Роза ветров за январь (а), июль (б)

По данным розы ветров видно, что и в июле, и в январе преобладающее направление ветра юго-восточное.

Дорожно-климатический график (рисунок 1.2) строится по данным количества осадков и влажности воздуха за каждый месяц года, а также по данным средней температуры. Эти данные приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Климатические показатели

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Осадки, мм	13	8	12	18	37	78	114	91	52	21	16	4
Влажность, %	80	78	76	64	54	60	68	70	70	80	80	80
t воздуха, °C	-20,6	-18,1	-9,4	1,0	8,5	14,8	17,6	15,0	8,2	0,5	-10,4	-18,4

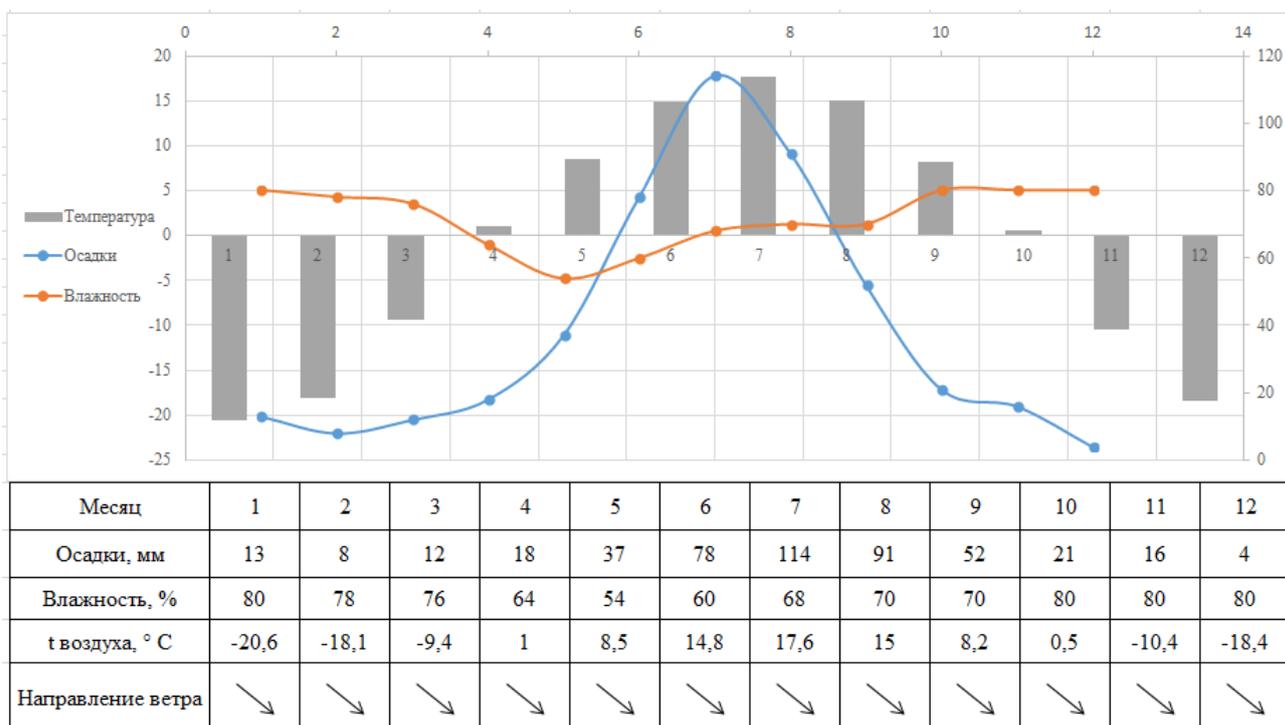


Рисунок 1.2 – Дорожно-климатический график

1.2 Рельеф

Рельеф дороги, слабо всхолмленный, слабо расчленённый долинами рек, с пологими склонами, а также ложинно-балочной сетью. Абсолютные отметки равнины 200-300 м. Междуречные пространства широкие, слабо выпуклые. Долины рек хорошо разработаны, с повсеместно развитым комплексом аккумулятивных террас.

1.3 Растительность и почвы

Растительность представлена преимущественно берёзой, лиственницей и кедром. Породный состав лесного фонда разнообразен, наибольшие запасы – сосны и лиственницы.

70% территории области занимают хвойные леса. Здесь преобладают сосняки, распространение которых редет при продвижении к северу и северо-востоку области. Характерная особенность хвойных лесов - разновозрастность. В северной части области, где широко распространена мерзлота, главенствуют лиственничные леса.

Почвенный состав области достаточно разнообразен. Наиболее широко распространены подзолистые почвы, расположенные на песчаных и супесчаных грунтах. Дерново-подзолистые образуются под пологом темнохвойных и светлохвойных лесов. Дерновые лесные почвы занимают нижние части склонов южной экспозиции осветлённых, разреженных хвойно-мелколиственных травянистых лесов. Дерново-карбонатные являются самыми плодородными почвами области. Формируется на известняках и

известковистых песчаниках. Серые лесные почвы распространены в лесостепных районах. Они находятся под разреженными смешанными лесами с травянистым покровом; широкое использование приобрели в земледелии.

1.4 Инженерно-геологические условия

По результатам бурения скважин грунты земляного полотна представлены галечниковыми грунтами с супесчаным твёрдым заполнителем, гравийными грунтами с суглинистым тугопластичным заполнителем, пылеватыми щебёнистыми твёрдыми, тяжёлыми песчанистыми гравелистыми тугопластичными с примесью органических веществ, супесями пылеватыми полутвердыми, суглинками легкими пылеватыми тугопластичными.

1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов

Для постройки насыпей разрабатываемых выемок грунт можно использовать из специально закладываемых грунтовых карьеров. Суглинок тяжёлый и глины могут быть использованы в качестве дорожно-строительных материалов при возведении насыпи. При возведении земляного полотна рекомендуется использовать грунты, которые не меняют своих свойств во времени.

1.6 Заключение по природным условиям района проектирования

Исходя из вышеизложенной информации, можно сделать вывод, что условия района благоприятны для строительства трассы.

2 Анализ существующей дороги

Общая протяжённость участка трассы – 5 км. Общее направление автомобильной дороги – северо-восточное. Интенсивность движения на текущий период составила 4846 авт/сут. Относительные отметки на участке трассы колеблются от 318,04 м до 346,14 м. Автомобильная дорога устроена в насыпи, высота которой находится в пределах от 0,57 м до 2,60 м.

2.1 План трассы

Элементы плана трассы существующей дороги соответствуют параметрам для дорог III категории. Длина существующего участка трассы составляет 5 км. Трасса имеет 3 угла поворота. Наибольший радиус кривой составляет 1000 м, наименьший 840 м. На ПК 0+00 трасса примыкает к автомагистрали под углом 90°.

Геометрические элементы плана трассы существующей дороги соответствуют параметрам для дорог II категории, это позволяет проложить ось реконструируемой дороги по существующей без изменения радиусов кривых.

2.2. Земляное полотно

Под воздействием природно-климатических факторов, а также подвижного состава, параметры конструкции поперечного профиля дороги изменились следующим образом: ширина проезжей части уменьшилась с 7,0 до 6,5; силуэт обочины выражен нечётко. На всём протяжении дорога находится в насыпи с величиной отметок от 0,57 м до 2,60 м. Наблюдаются участки дорог на которых продольный $i_{\text{прод}} < 5\%$, что не соответствует нормативным значениям СП 34.13330.2012 [1].

Технические показатели проектной линии для продольного профиля существующей автомобильной дороги частично не соответствуют III категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо перепроектировать проектную линию.

Поперечный профиль существующей дороги не соответствует параметрам для дорог III категории. Заложение откосов с отклонением от нормы, имеются участки трассы с уклоном 1:1,5, что не соответствует пункту 7.27 СП 34.13330.2012 [1].

Геометрические параметры конструкции земляного полотна не соответствуют для III категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо выполнить двухстороннее уширение земляного полотна, а также изменение заложения откосов.

В процессе эксплуатации автомобильной дороги кюветы были засорены различными отходами жизнедеятельности, что не позволяет обеспечить надлежащий поверхностный водоотвод.

2.3 Искусственные сооружения

На участке трассы находится три водопропускных трубы. Они располагаются согласно рельефу местности в пониженном месте, удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

На ПК 9+00 уложена круглая, одноочковая, железобетонная труба диаметром 1,50 м, длиной 16,15 м. Труба чистая, не заилена.

На ПК 19+00 уложена круглая, одноочковая, железобетонная труба диаметром 1,50 м, длиной 16,15 м. Состояние трубы хорошее. Оголовки и открылки на входе и выходе в удовлетворительном состоянии. Труба чистая, не заилена.

На ПК 26+00 уложена круглая, одноочковая, железобетонная труба диаметром 1,50 м длиной 16,20 м. Состояние трубы хорошее. Труба чистая, не заилена.

Существующие трубы находятся в хорошем состоянии и не требуют проведения ремонта или замены. Основные характеристики водопропускных труб представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	9+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	16,15
2	19+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	16,15
3	26+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	16,20

2.4 Дорожная одежда

Дорожная одежда существующего участка дороги устроена из облегчённого типа покрытия. Из-за увеличения интенсивности движения на данном участке дороги, состояние дорожной одежды находится в неудовлетворительном состоянии. На покрытии появились каллии, большое количество трещин и выбоин. Данный тип дорожной одежды не справляется с возросшей за последние 5 лет интенсивностью.

2.5 Обустройство дороги

Инженерное обустройство дороги представлено дорожными знаками, часть из которых находится в неудовлетворительном состоянии. Дорожная разметка местами отсутствует. Ограждений, освещения, направляющие элементы также отсутствуют.

2.6 Комплексная оценка безопасности движения

Комплексная оценка безопасности движения выполняется в соответствии с учебным пособием «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [3].

2.6.1 Расчёт скоростей движения и оценка по графикам коэффициентов безопасности

Для оценки скорости движения при проектировании используем метод А.А. Бельского. Этот метод позволяет анализировать движение по продольному профилю, состоящему из круговых и прямых участков.

Данные для расчёта:

1) Автомобиль «Волга» ГАЗ – 24; G - вес груженого автомобиля, 1915 кг;

2) Начальная максимальная скорость движения 145 км/час, соответственно начальная передача - IV;

3) Покрытие щебёночно-песчаное, коэффициент сопротивления качению $f=0,025$.

Расчётная скорость определяется по формуле:

$$V = \sqrt{(V_0^2 - L) \cdot e^{-2nx} + L}, \quad (2.1)$$

где L – параметр автомобиля, определяемый по таблице 1 приложения 1 учебного пособия [3], либо по формуле (2.2);

V_0 – начальная максимальная скорость движения;

e^{-2nx} – числовое значение, определяемое по таблице 3 приложения 1 учебного пособия в зависимости от автомобиля, расчётного расстояния и передачи.

$$L = \frac{1}{b} [a - G(f \mp i_1)], \quad (2.2)$$

где a и b – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу, на которой осуществляется движение, принимаемый по «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [3, табл. 2, прил. 1];

G – вес груженого автомобиля, 1915 кг;

f – коэффициент сопротивления качению.

Наиболее безопасной для движения является трасса без резких переломов в плане и профиле, и высокой пропускной способностью. Для оценки плавности продольного профиля и обеспечения безопасности строят эпюры скоростей движения, и используя их, строят графики коэффициентов безопасности.

Коэффициенты безопасности определяют по формуле:

$$K_{\text{без.}} = \frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{max в}}}, \quad (2.3)$$

где V_{min} – минимальная скорость движения, обеспечиваемая тем или иным участком дороги;

$V_{\text{max в}}$ – максимально возможная скорость въезда автомобилей на этот участок.

Соотношение скоростей принимают по эпюре скоростей движения при изменении координат скоростей по длине дороги. Далее по значениям коэффициентов безопасности строят график, на котором выделяют участки по степени опасности, уделяя особое внимание участкам, где $K_{\text{без.}} < 0,8$. В табл. 2.2

приведена характеристика движения в зависимости от коэффициентов безопасности.

Таблица 2.2 – Оценка участков движения по графикам коэффициентов безопасности

Коэффициент безопасности, $K_{без}$	Характеристика условий движения на участке
0,4	Очень опасные
0,4-0,6	Опасные
0,6-0,8	Малоопасные
0,8	Практически не опасные

Расчёт производится в прямом и обратном направлении и представлен в приложении А.

Эпюры скоростей представлены на листе №2 графической части. По данным расчёта видно, что скорость движения автомобиля «Волга» ГАЗ – 24 по трассе в прямом и обратном направлениях составляет более 145 км/ч, поэтому необходимо искусственно занижать скорость до 145 км/ч. На всём протяжении трассы коэффициент безопасности больше 0,8, следовательно условия движения практически неопасные.

Эпюра коэффициентов безопасности представлена на листе № 2 графической части.

2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности

Для оценки условий движения используют метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать сезонные и кратковременные изменения условий движения на дороге и на этой основе разрабатывать и выбирать мероприятия, повышающие безопасность движения для конкретного периода года с учетом местных погодно-климатических факторов.

Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающий влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей по формуле:

$$K_{ав.ит.} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{18}, \quad (2.4)$$

где K_1, \dots, K_{18} – частные коэффициенты, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги при той или иной величине элемента плана или профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью 7,5 м с шероховатым покрытием и укрепленными обочинами.

Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для лета, зимы и переходного периода. Расчётные значения параметров дороги в неблагоприятные периоды года, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, вычисляют путем умножения нормативных значений параметров дороги, соответствующих эталону, на поправочные коэффициенты, учитывающие изменение параметров дороги по периодам года.

Значения и характеристики частных коэффициентов приведены в пособии [3, прил.3, табл.1].

Все значения коэффициентов аварийности на существующей дороге сведены в таблицу приложения Б.

Эпюра коэффициентов аварийности для существующей дороги представлена на листе №2 графической части. Значение итоговых коэффициентов аварийности $K_{ав.ит.} > 15$ на определённых участках, что не соответствует требованиям. Необходимо перепроектировать участок дороги.

2.6.3 Оценка по пропускной способности и уровням загрузки

Пропускной способностью называется максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определённый отрезок времени при определённом режиме движения.

Различают максимальную теоретическую способность, определяемую расчётом по формулам динамической задачи теории движения транспортных потоков для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, и практически типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги в благоприятных погодных условиях. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком.

Пропускную способность в разных дорожных условиях рассчитывают по формуле:

$$P = \beta \cdot P_{max}, \quad (2.5)$$

где β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, определяется по формуле (2.6);

P_{max} – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность, что соответствует двухполосной дороге в обоих направлениях, принимаем равную 2000 прив. ед./час.

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_{15}, \quad (2.6)$$

где $\beta_1 \dots \beta_{15}$ – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счёт влияния неблагоприятных условий.

Пропускную способность с учётом фактического состава движения определяют по формуле:

$$P_{\phi} = \frac{P}{n_1\Psi_1+n_2\Psi_2+\dots+n_n\Psi_n}, \quad (2.7)$$

где P – пропускная способность приведённого состава;
 n_i – количество (в долях единиц) транспортных средств различных типов;
 Ψ_i – величина коэффициентов приведения.

При расчёте пропускной способности учитывают зону влияния каждого элемента дороги, в пределах которой происходит изменение режима движения потоков автомобилей.

По полученным значениям строят график изменения пропускной способности дороги, над которым строят график изменения коэффициента загрузки Z каждого участка, определяемого по формуле:

$$Z = \frac{N_{\text{прив}} \cdot 0,1}{P_{\phi}}, \quad (2.8)$$

где $N_{\text{прив}}$ – приведённая интенсивность движения, авт/час;
 P_{ϕ} - пропускная способность с учётом фактического состава движения.

По формуле 2.7 вычисляем пропускную способность P_{ϕ} в приведённых легковых автомобилях для всех участков и заполняем таблицу 2.3. Далее определяем уровни загрузки по формуле 2.8 и также вносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчёт пропускной способности и уровней загрузки для существующей дороги

№ участка	Его границы	Итоговый коэфф-т, $\beta_{\text{ит}}$	Пропускная способность, P прив. ед./час	Уровень загрузки
1	ПК 0+00 – ПК 6+00	0,37	740	0,65
2	ПК 6+00 – ПК 6+75	0,43	860	0,56
3	ПК 6+75 – ПК 9+25	0,42	840	0,58
4	ПК 9+25 – ПК 15+64	0,43	860	0,56
5	ПК 15+64– ПК 18+36	0,39	780	0,62
6	ПК 18+36– ПК 20+7,25	0,43	860	0,56
7	ПК 20+7,25–ПК 26+67,80	0,36	720	0,67
8	ПК 26+67,80– ПК 30+60,1	0,43	860	0,56
9	ПК 30+60,1– ПК 38+82,77	0,36	720	0,67
10	ПК 38+82,77 – ПК 50+00	0,43	860	0,56

Коэффициенты уровня загрузки на некоторых участках больше 0,65 (III категория), что не соответствует требованиям. Необходимо перепроектировать участок дороги.

Эпюры пропускной способности и уровней загрузки для существующей дороги представлены на листе №2 графической части.

2.6.4 Заключение по комплексной оценке безопасности

Оценка скорости движения произведена по методу Бельского и на всём протяжении трассы соответствует максимальной скорости расчётного автомобиля ГАЗ-24 «Волга» равной 145 км/ч.

На протяжении всей трассы значение коэффициента безопасности оказалось больше 0,8, поэтому, можно говорить о том, что условия движения практически неопасные.

Результаты оценки итоговых коэффициентов аварийности показали, что проезд по данному участку трассы не является безопасным.

Оценка плавности продольного профиля и обеспечения безопасности показали, что на всем протяжении трассы отсутствуют резкие переломы и это создает условия для безопасного проезда.

Коэффициенты уровня загрузки не соответствует нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [3].

Проанализировав результаты оценки комплексной безопасности движения на существующей дороге, делаем вывод, что существующая дорога не справляется с расчётной интенсивностью движения и на многих участках является аварийной, и опасной для подвижного состава. Исходя из полученных результатов, назначаем реконструкцию данного участка дороги, для устранения всех обнаруженных несоответствий и дефектов, с целью дальнейшего безопасного эксплуатирования трассы.

3 Реконструкция дороги

3.1 Определение категории дороги

Категория проектируемой автомобильной дороги устанавливается согласно СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1]. Её назначают по расчётной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед/сут). Приведение потока транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляют с помощью специальных коэффициентов из табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Типы транспортных средств	Грузоподъёмность, т	Вместимость автобусов	Коэффициент приведения
Легковые автомобили, мотоциклы и микроавтобусы	-		1
Грузовые автомобили	до 2		1,3
	от 2 до 6		1,4
	от 6 до 8		1,6
	от 8 до 14		1,8
Автопоезда	до 12		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

Расчётной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимается год завершения проекта. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий.

Расчёт перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости и определяется по формуле:

$$N_{\text{персп}} = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (3.1)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ – исходная интенсивность движения, прив.ед./сут.;

p – коэффициент ежегодного прироста, %;

t – перспективный период, равный 20 годам.

Исходная интенсивность для каждого типа автомобиля вычисляется по формулам:

$$N_1 = N \frac{p_{\text{л}}}{100}; \quad (3.2)$$

$$N_2 = N \frac{p_{\text{до 2 т.}}}{100}; \quad (3.3)$$

$$N_3 = N \frac{p_{\text{2-6 т.}}}{100}; \quad (3.4)$$

$$N_4 = N \frac{p_{\text{6-8 т.}}}{100}; \quad (3.5)$$

$$N_5 = N \frac{p_{\text{8-14 т.}}}{100}; \quad (3.6)$$

$$N_6 = N \frac{p_{\text{авт.п.до 12т.}}}{100}; \quad (3.7)$$

$$N_7 = N \frac{p_{\text{авт.п.12-20 т.}}}{100}; \quad (3.8)$$

$$N_8 = N \frac{p_{\text{автоб.бол.}}}{100}, \quad (3.9)$$

где N – исходная интенсивность движения, авт./сут;

$p_{\text{л.}}$, $p_{\text{до2т.}}$, $p_{\text{2-6т.}}$, $p_{\text{6-8т.}}$, $p_{\text{8-14т.}}$, $p_{\text{авт.п.до12т.}}$, $p_{\text{авт.п.12-20т.}}$, $p_{\text{автоб.бол.}}$ – процент автомобилей каждого типа.

Определим исходную интенсивность каждого типа автомобиля:

$$N_1 = 1300 \frac{49}{100} = 637 \text{ авт./сут};$$

$$N_2 = 1300 \frac{12}{100} = 156 \text{ авт./сут};$$

$$N_3 = 1300 \frac{9}{100} = 117 \text{ авт./сут};$$

$$N_4 = 1300 \frac{9}{100} = 117 \text{ авт./сут};$$

$$N_5 = 1300 \frac{7}{100} = 91 \text{ авт./сут};$$

$$N_6 = 1300 \frac{5}{100} = 65 \text{ авт./сут};$$

$$N_7 = 1300 \frac{6}{100} = 78 \text{ авт./сут};$$

$$N_8 = 1300 \frac{3}{100} = 39 \text{ авт./сут.}$$

Далее, вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведённых автомобилях:

$$N_{\text{прив}} = \sum_{m=1}^M (N_m K_m), \quad (3.10)$$

где K_m – коэффициент приведения для m -го транспортного средства соответственно;

M – количество типов транспортных средств в потоке.

$$N_{\text{прив}} = 637 \cdot 1 + 156 \cdot 1,3 + 117 \cdot 1,4 + 117 \cdot 1,6 + 91 \cdot 1,8 + 65 \cdot 1,8 + 78 \cdot 2,2 + 39 \cdot 3 = 1760,2 \text{ прив.ед/сут.}$$

Тогда перспективная интенсивность движения:

$$N_{\text{персп}} = 1760,2 \left(1 + \frac{6,8}{100}\right)^{20} = 6561,26 \text{ прив.ед/сут.}$$

В зависимости от полученного значения N по СП 34.13330.2012, табл. 4.1 [1] назначаем категорию дороги - II категория.

Вывод: согласно СП 34.13330.2012 [1] данное значение перспективной интенсивности движения превышает допустимое, 6000 приведенных автомобилей в сутки для дороги III категории, на основе чего было принято решение о переводе данной автомобильной дороги в более высокую категорию, то есть II, с целью приведения в соответствие с требованиями сложившейся интенсивности движения.

3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

Основные технические показатели автомобильной дороги приняты по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [4].

Расчётная скорость движения автомобилей принимается в зависимости от установленной категории дороги и рельефа местности по СП 34.13330.2012 [1, табл. 5.1а]. В табл. 3.2 занесена также расчётная 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 5 – 11 назначены по таблице 5.12 СП 34.13330.2012 [1]. Поперечные уклоны проезжей части (показатель 12) назначены по табл. 5.16 СП 34.13330.2012 [1] в зависимости от дорожно-климатической зоны и категории дороги. Поперечные уклоны обочин (показатель 13) принимают согласно п. 5.32 СП 34.13330.2012 [1].

Наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профиле и наибольший продольный уклон (показатели 14 – 19) принимают по табл. 5.3 СП 34.13330.2012 [1] 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 34.13330.2012 [1]. Расчётные расстояния видимости в продольном профиле (показатель 20) также принимают по табл. 5.9 СП 34.13330.2012 [1].

Таблица 3.2 – Основные технические показатели автомобильной дороги

№	Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1	Категория дороги	-	II
2	Расчётная интенсивность движения	прив. ед./сут	6561
3	Расчётная скорость движения	км/ч	120
4	Расчётная скорость движения на трудных участках	км/ч	100
5	Число полос движения	шт	2
6	Ширина полосы движения	м	3,75
7	Ширина проезжей части	м	7,5
8	Ширина обочин	м	3,75
9	Ширина краевой полосы у обочины	м	0,5
10	Ширина укрепленной части обочины	м	2,0
11	Ширина земляного полотна без ограждений	м	15
12	Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии)	‰	15
13	Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	40
14	Наименьшие радиусы кривых в плане	м	800
15	Наибольший продольный уклон	‰	40
16	Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	50
17	Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	15000
18	Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках	м	10000
19	Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля	м	5000
20	Расчётные расстояния видимости в продольном профиле: для остановки для встречного автомобиля при обгоне	м	250 450 800

3.3 План трассы

При трассировании учтено условие, а именно, реконструируемая дорога по возможности должна совпадать с направлением оси существующей дороги, таким образом, чтобы минимизировать объёмы работ. Тем самым обеспечивается оптимальная экономия.

Ось проектируемого варианта трассы совпадает с осью существующей дороги. Геометрические элементы в плане не изменены. Имеется 3 угла поворота. Радиусы закругления соответствуют минимально допустимым радиусам для II категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1].

План трассы, ведомость углов поворота, прямых и кривых, привязка трассы по длине автомобильной дороги приведена в прилагаемых документах на листе №1 графической части.

3.4 Продольный профиль

Продольный профиль запроектирован по нормам СП 34.13330.2012 [1], для дорог II категории. Радиусы вертикальных выпуклых кривых – не менее 15000 м, вогнутых кривых – не менее 5000 м приняты в соответствии с СП34.13330.2012 [1].

3.4.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек

Руководящие отметки необходимы для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. По условию увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности по увлажнению: I тип – сухие участки с обеспеченным стоком воды (уклон более 5‰); II тип – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года (не более 30 суток); III тип – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением (более 30 суток).

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снеготранспортируемости дороги. Условие снеготранспортируемости заключается в том, чтобы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины определяемой по формуле:

$$h_p = h_{сн} + \Delta h, \quad (3.11)$$

где $h_{сн}$ – расчётная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5%;

Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, для II категории дороги по СП 34.13330.2012 [1, п.7.34] = 0,7 м.

$$h_p = 0,6 + 0,7 = 1,3 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению определяется по формуле:

$$h_1 = h_p + i_{об} \cdot b_2 + i_{пр} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.12)$$

где b_1 – ширина покрытия;

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об}$ – поперечный уклон неукреплённой части обочины, 40‰;

$i_{пр}$ – поперечный уклон проезжей части и краевой полосы, 20‰.

h_p – руководящая отметка до бровки.

По исходным данным дорога имеет II категорию. Для данной категории $b_1 = 8,5$ м; $b_2 = 3,25$. Поперечные уклоны покрытия и обочин зависят от их вида. Для асфальтобетонного покрытия $i_{нон} = 20$ ‰, для обочин $i_{об} = 40$ ‰. При

высоте снегового покрова 5%-ой обеспеченности $h_{сн} = 0,6$ м и возвышении бровки насыпи над уровнем снежного покрова $\Delta h = 0,7$ м руководящая отметка для дороги II категории с асфальтобетонным покрытием составит:

$$h_I = 1,3 + 0,04 \cdot 3,25 + 0,02 \cdot \frac{8,5}{2} = 1,52 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для II типа местности по увлажнению определяется от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод. При этом считают, что поверхностный сток воды не обеспечен и вода стоит не более 30 суток.

При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод (не более 30 суток) руководящая отметка определяется по формуле:

$$h_{II} = h_{1,н} + h_{пв} + i_{пр} \frac{b_1}{2}, \quad (3.13)$$

где $h_{1,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли;

$i_{пр}$ – поперечный уклон проезжей части;

b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины);

$i_{пв}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли.

Значения $h_{1,н}$ принимаются в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя по СП34.13330.2012 [1, табл.7.2, значение знаменателя] = 0,9 м.

$$h_{II} = 0,9 + 0 + 0,02 \cdot \frac{8,5}{2} = 0,99 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для III типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток, по формуле:

$$h_{III} = h_{2,н} + h_{гв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.14)$$

где $h_{2,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод по СП34.13330.2012 [1, табл.7.2, значение числителя] = 1,1 м;

$h_{гв}$ – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод = 0,37 м.

$$h_{III} = 1,1 + 0,37 + 0,02 \cdot \frac{8,5}{2} = 1,56 \text{ м.}$$

Контрольные точки – это точки, через которые проектная линия продольного профиля обязана пройти. К контрольным точкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над трубами, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, существующих дорог на пересечениях в одном уровне.

Контрольные точки принимаем в соответствии с руководящими отметками по формулам:

$$H_{\text{нт}} = H_{\text{з,нт}} + h_1, \quad (3.15)$$

где $H_{\text{з,нт}}$, $H_{\text{з,кт}}$ – отметки земли в начале и конце трассы соответственно (берутся с карты);

h_1 – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению, вычисленная по формуле 3.11.

Контрольные отметки проектной линии начала и конца трассы:

$$H_{\text{нт}} = H_{\text{з}} + h_1 = 318,04 + 1,52 = 319,56 \text{ м.}$$

$$H_{\text{кт}} = H_{\text{з}} + h_1 = 346,14 + 1,52 = 347,66 \text{ м.}$$

Минимально допустимые отметки над трубами являются контрольными отметками, ограничивающими положение проектной линии снизу. В случае безнапорного течения воды в трубах контрольная отметка определяется по формуле:

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{з,тр}} + d + \Delta + \delta + h_{\text{до}}, \quad (3.16)$$

где d – диаметр трубы;

δ – толщина стенки трубы;

Δ – толщина засыпки над трубой;

$h_{\text{до}}$ – толщина конструкции дорожной одежды.

На ПК 9+00 назначена железобетонная круглая труба с отверстием $d = 1,5$ м, толщина стенки железобетонной трубы $\delta = 0,12$ м, толщина конструкции слоёв дорожной одежды (суммарная толщина асфальтобетонных слоёв и слоёв, укрепленных вяжущим) для дороги II категории $h_{\text{до}} = 0,8$ м.

$$H_{\text{тр1}} = 320,80 + 1,5 + 0,5 + 0,14 + 0,82 = 323,76 \text{ м.}$$

Такая же труба назначена на ПК19+00 и на ПК26+00.

$$H_{\text{тр2}} = 326,70 + 1,5 + 0,5 + 0,14 + 0,82 = 329,62 \text{ м.}$$

$$H_{\text{трз}} = 326,74 + 1,5 + 0,5 + 0,14 + 0,82 = 329,66\text{м.}$$

Контрольная точка на перекрестке определяется по руководящей отметке. В случае первого типа местности по увлажнению:

$$H_{\text{дор}} = H_{\text{з,дор}} + h_1, \quad (3.17)$$

где $H_{\text{з,дор}}$ – отметка рельефа в створе перекрестка;

h_1 – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению, вычисленная по формуле 3.12.

Проектируемый вариант трассы пересекает одну существующую автомобильную дорогу в одном уровне на ПК 0+00. Рассчитаем по формуле 3.15 контрольную точку проектной линии на данном пересечении:

$$H_{\text{дор}} = 318,04 + 1,52 = 319,56\text{ м}$$

Найденные отметки помещаем в ведомость контрольных точек (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Ведомость контрольных точек

Местоположение точки		Отметка, м		Вид контрольной точки
ПК	+	рельефа	контрольная	
0	00	318,04	319,56	Начало трассы
0	00	318,04	319,56	Примыкание с дорогой
9	00	320,80	323,76	Труба
19	00	326,70	329,62	Труба
26	00	326,74	329,66	Труба
50	00	346,14	347,66	Конец трассы

3.4.2 Описание проектной линии

Элементы продольного профиля приняты в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [1] из условия обеспечения расчётной скорости и безопасности движения, а также зрительного восприятия. Видимость в плане и продольном профиле обеспечена.

Проектная линия проложена по методу тангенсов. После построения ломаного хода в образовавшиеся переломы были вписаны 5 вертикальных кривых – 2 выпуклых и 3 вогнутых. Максимальный продольный уклон по трассе составляет 9 ‰, минимальный 5 ‰. На всём протяжении трассы имеют место только насыпи. Выемки отсутствуют.

Полный продольный профиль представлен на листе № 3 графической части.

3.5 Поперечные профили

Конструкции поперечных профилей земляного полотна назначены для II категории дороги, с учётом плана трассы и продольного профиля.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [4].

Поперечный профиль проезжей части – двухскатный.

Типы поперечных профилей:

Тип 1 – высота насыпи до 3 метров, с боковыми кюветами, с заложением откосов насыпи – 1:4;

Тип 1а – высота насыпи до 3 метров, с кюветом слева, с заложением откосов насыпи – 1:4;

Тип 1б – высота насыпи до 3 метров, без боковых кюветов, с заложением откосов насыпи – 1:4;

Тип 2 – высота насыпи от 3 до 6 метров, без боковых кюветов, с заложением откосов – 1:1,5.

Конструкции поперечных профилей земляного полотна, а также их привязка к трассе и конструкция дорожной одежды, приведены на листе № 4 графической части.

3.6 Дорожный водоотвод

Участок реконструируемой дороги запроектирован на косогорных и пологих участках местности, что требует принятия конструктивных решений по вопросам водоотвода, во избежание размывающего действия ливневых потоков на земляное полотно.

Продольный водоотвод обеспечивается таким продольным уклоном по дну кювета, чтобы беспрепятственно осуществлялся сток воды. Минимальный уклон дна кювета 5‰, а наибольший – 18‰. При уклоне до 20 ‰ укрепление не производится.

Кюветы запроектированы с обеих сторон на участках ПК0+00 – ПК6+20, ПК10+80 – ПК13+00, ПК27+00 – ПК50+00. На участке с ПК20+70 – ПК25+30 запроектирован кювет с левой стороны из-за рельефа. На остальных участках кюветы отсутствуют из-за высоты насыпи.

Поперечный водоотвод обеспечивается нормативным поперечным уклоном проезжей части – 20‰ и обочины – 40‰, а так же искусственными сооружениями.

Кюветы имеют трапецеидальное сечение с шириной по дну 0,5 метра.

Гидравлический расчёт для малых искусственных сооружений проводим по пособию «Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника» [5]. Вычисляем значение расхода ливневых вод для трёх труб по формуле:

$$Q_{\text{л}} = 16.7 \cdot a_{\text{ч}} \cdot K \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.18)$$

где $a_{\text{ч}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/ мин;
 K – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчётной продолжительности;
 α – коэффициент потерь стока;
 φ – коэффициент редукции;
 F – площадь бассейна, км².

Расход воды на ПК9+00:

$$Q_{\text{л1}} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 2,53 \cdot 0,2 \cdot 0,497 \cdot 0,5 = 1,87 \text{ м}^3/\text{сек};$$

Расход воды на ПК19+00:

$$Q_{\text{л2}} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 2,20 \cdot 0,2 \cdot 0,647 \cdot 0,37 = 1,57 \text{ м}^3/\text{сек};$$

Расход воды на ПК26+00:

$$Q_{\text{л3}} = 16,7 \cdot 0,89 \cdot 2,08 \cdot 0,2 \cdot 0,726 \cdot 0,36 = 1,62 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

По графику определения пропускной способности типовых труб (рисунок 15.14 справочника инженера – дорожника [5]) и по гидравлическим характеристикам типовых круглых труб (таблица 15.10 справочника инженера – дорожника [5]) делаем вывод, что существующие водопропускные трубы диаметром 1,5 м справляются с существующим потоком воды, и так как находятся в хорошем состоянии – не требуют замены.

3.7 Расчёт дорожной одежды

При расчёте дорожных одежд основным документом является ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6]. Так же был использован ПНСТ 265-2018 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд» [7].

Расчёт дорожной одежды производится по четырём критериям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на активное сопротивление сдвигу в малосвязных слоях дорожной одежды или грунте;
- на растяжение при изгибе монолитных слоёв;
- на морозоустойчивость.

Исходные данные:

- 1) дорога располагается в I₃ дорожно-климатической зоне, в Иркутской области;
- 2) грунт земляного полотна – супесь лёгкая;
- 3) II категория дороги;
- 4) местность по условиям увлажнения – 1.

Для дорог II категории необходимо проектировать дорожную одежду капитального типа с нагрузкой на ось, равной 115 кН.

Для определения расчётной осевой нагрузки необходимо рассчитать перспективную интенсивность движения, которая была вычислена ранее (формула 3.1) и равна 6561,26 прив. ед./сут.

Приведенная интенсивность на последний год службы определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{m\text{-сут}}, \quad (3.19)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределения движения по ним, равен 0,55 (двухполосная дорога) по ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.2];

n – общее число марок транспортных средств в составе потока;

N_m – интенсивность на последний год службы;

S_m – суммарный коэффициент для приведения автомобиля к расчётным нормированным нагрузкам.

Результаты расчёта сведены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Определение величины приведенной интенсивности на последний год службы

Вид транспорта	%	N_m авт./сут.	$S_{m\text{сум}}$	$N_m \cdot S_{m\text{сум}}$, груз. ед./сут.
1	2	3	4	5
Легковые	49	3215,02	0	0,00
Грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	12	787,35	0,005	3,94
от 2 до 6 т	9	590,51	0,2	118,10
от 6 до 8 т	9	590,51	0,7	413,36
от 8 до 14 т	7	459,29	1,25	574,11
Автопоезда до 12т	5	328,06	1,5	492,09
Автопоезда 12-20т	6	393,68	1,5	590,52
Автобусы	3	196,84	0,7	137,79
Итого:	100	6561,26	-	2329,91

$$N_p = 0,55 \cdot 2329,91 = 1281,45 \text{ груз.ед./сут.}$$

Суммарное расчётное число приложений расчётной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} \cdot T_{\text{рдг}} \cdot k_n \quad (3.20)$$

где K_c – коэффициент суммирования, определяется по формуле (3.20);

$T_{\text{рдг}}$ – расчётное число расчётных дней в году, соответствующих

определённому состоянию деформируемой конструкции, для Иркутской области 130 дней (ОДН 218.046-01 [6, табл. П.6.1]);

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого. Для II категории при капитальном типе ДО $k_n = 1,49$ (ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.3]);

q – показатель изменения интенсивности движения данного автомобиля по годам, определяется по формуле (3.19);

$T_{сл}$ – расчётный срок службы, для капитального типа в I₃ дорожно-климатической зоне - 15 лет (ОДН 218.046-01 [6, табл. 6.2]).

Показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам определяется по формуле:

$$q = 1 + \frac{p}{100}, \quad (3.21)$$

где p – ежегодный прирост интенсивности движения, %.

$$q = 1 + \frac{6,8}{100} = 1,068.$$

Коэффициент суммирования определяется по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (3.22)$$

$$K_c = \frac{1,068^{15} - 1}{1,068 - 1} = 24,75.$$

Таким образом, расчётная осевая нагрузка по формуле (3.20) составляет:

$$N_p = 0,7 \cdot 1281,45 \cdot \frac{24,75}{1,068^{(15-1)}} \cdot 130 \cdot 1,49 = 1711926 \text{ груз.ед.}$$

3.7.1 Расчёт первого варианта дорожной одежды

Конструкция первого варианта дорожной одежды и расчётные характеристики материалов по данным ОДН 218.046-01[6] представлены в таблице 3.5. Конструкция дорожной одежды приведена в графической части на листе №5.

При подборе слоёв конструкции дорожной одежды используем ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон» [8], ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» [9], ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ» [10], ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебёночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» [11].

Таблица 3.5 – Характеристики материалов дорожной одежды первого варианта

№	Материал слоя	h, см	γ , кг/см ³	По упруг. прогибу, E, МПа	По усл. сдвига уст., E, МПа	Расчёт на растяжение при изгибе			
						E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Асфальтобетон горячей укладки высокоплотный, марка битума БНД 90/130	6	0,0024	2400	1200	4600	9,5	5,4	5,0
2	Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси, марка битума БНД 90/130	8	0,0023	1400	800	2200	7,8	6,3	4,0
3	Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, БНД 90/130	12	0,002	600	600	600	-	-	-
4	ЩГПС, обработанная цементом М20	22	0,002	400	400	400	-	-	-
5	Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%. При динамическом воздействии: $C_N = 0,003$ МПа; $\varphi = 28^\circ$. При статическом воздействии: $\varphi_{\text{стат}} = 34^\circ$.	38	0,002	130	130	130	-	-	-
6	Подстилающий грунт земляного полотна – супесь лёгкая Расчетная влажность: $W_p = 0,7W_T$; При динамическом воздействии: $C_N = 0,004$ МПа; $\varphi = 12^\circ$. При статическом воздействии: $\varphi_{\text{стат}} = 35^\circ$.	-	-	49	49	49	-	-	-

Т.к. суммарная толщина дорожных одежд $0,86 \text{ м} > 0,75 \text{ м}$, то расчётную влажность определяют по формуле П2.1 ОДН 218.046-01 [6, прил.2]. $W_p = 0,7 W_T$.

3.7.1.1 Расчёт дорожной одежды по упругому прогибу

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности и надёжности по величине упругого прогиба, если выполняется следующее условие:

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (3.23)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общий модуль упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости, МПа, определяется по формуле (3.22);

$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надёжности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,2$ (ОДН 218.046-01 [6, табл.3.1]).

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции назначают по правилу (3.24), МПа:

$$E_{\text{тр, min}} = \max(E_{\text{табл}}; E_{\text{min}}), \quad (3.24)$$

где E_{min} вычисляют по эмпирической формуле, а $E_{\text{табл}} = 220$ МПа по ОДН 218.046-01 [6, табл.3.4].

$$E_{\text{min}} = 98,65 \cdot [\log(\sum N_p) - c], \quad (3.25)$$

где $\sum N_p$ – суммарное расчётное число приложений расчётной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы;

c – эмпирический параметр, применяемый для расчётной нагрузки на ось, равный 3,15 (ОДН 218.046-01 [6, п.3.25]).

$$E_{\text{min}} = 98,65 \cdot [\log(1711926) - 3,15] = 304,2 \text{ МПа.}$$

$$\text{Тогда, } E_{\text{тр, min}} = \max(220; 304,2) = 304,2 \text{ МПа.}$$

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме (ОДН 218.046-01 [6, рис.3.1]) и отношениями:

$$1) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E^{\text{ГР}}}{E_{\text{песок}}} = \frac{49}{130} = 0,43.$$

$$\text{Диаметр следа колеса } D = 39 \text{ см. Тогда } \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_{\text{песок}}}{D} = \frac{38}{39} = 0,97.$$

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{песок}}}{E_{\text{Н}}^{\text{песок}}} = 0,71$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{песок}} = 0,71 \cdot 130 = 92,3$ МПа.

$$2) \frac{E_{\text{Н}}}{E_{\text{В}}} = \frac{E^{\text{песок}}}{E^{\text{щгпс}}} = \frac{92,3}{400} = 0,23.$$

Отношение $\frac{h_{\text{В}}}{D} = \frac{22}{39} = 0,56$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{щгпс}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{щгпс}}} = 0,4$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{щгпс}} = 0,4 \cdot 400 = 160$ МПа.

$$3) \frac{E_{\text{Н}}}{E_{\text{В}}} = \frac{E^{\text{щгпс}}}{E^{\text{ч.щ.}}} = \frac{160}{600} = 0,27.$$

Отношение $\frac{h_{\text{В}}}{D} = \frac{12}{39} = 0,31$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{ч.щ.}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{ч.щ.}}} = 0,38$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{ч.щ.}} = 0,38 \cdot 600 = 228$ МПа.

$$4) \frac{E_{\text{Н}}}{E_{\text{В}}} = \frac{E^{\text{ч.щ.}}}{E_{\text{пор.}}^{\text{а}}} = \frac{228}{1400} = 0,16.$$

Отношение $\frac{h_{\text{В}}}{D} = \frac{8}{39} = 0,2$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{пор.}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{пор.}}^{\text{а}}} = 0,21$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{пор.}}^{\text{а}} = 0,21 \cdot 1400 = 294$ МПа.

$$5) \frac{E_{\text{Н}}}{E_{\text{В}}} = \frac{E_{\text{пор.}}^{\text{а}}}{E_{\text{в.пл.}}^{\text{а}}} = \frac{294}{2400} = 0,13.$$

Отношение $\frac{h_{\text{В}}}{D} = \frac{6}{39} = 0,15$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{в.пл.}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{в.пл.}}^{\text{а}}} = 0,16$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{в.пл.а}} = 0,16 \cdot 2400 = 384 \text{ МПа}$.

Определяем коэффициент прочности по упругому прогибу:

$$\frac{E_{\text{общее}}^{\text{в.пл.а}}}{E_{\text{тр.мин}}} = \frac{384}{304,2} = 1,26. \text{ Следовательно, } 1,26 > 1,2.$$

Таким образом, рассматриваемая конструкция дорожной одежды удовлетворяет условию прочности по критерию упругого прогиба.

3.7.1.2 Расчёт на прочность по критерию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв

Конструкция дорожной одежды в целом будет удовлетворять требованию сдвигоустойчивости слоёв при условии:

$$K_{\text{пр}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (3.26)$$

где $K_{\text{пр}} = T_{\text{доп}} / T$

$$T_{\text{доп}} / T \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (3.27)$$

где T – расчётное (максимальное) активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчётной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

$T_{\text{доп}}$ – допускаемая (предельная) величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

Требуемый минимальный коэффициент прочности для расчёта по условию сдвига, согласно ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.1] составляет $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0$.

Расчёт по условию сдвигоустойчивости проводим для подстилающего слоя (супесь лёгкая) и для несвязного конструктивного слоя (песок крупный):

1) Для подстилающего слоя (супесь лёгкая):

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляем по формуле:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{h_{\text{в}}} \quad (3.28)$$

$$h_{\text{в}} = \sum h_i = 0,06 + 0,08 + 0,12 + 0,22 + 0,38 = 0,86 \text{ м.}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{1200 \cdot 6 + 800 \cdot 8 + 600 \cdot 12 + 400 \cdot 22 + 130 \cdot 38}{86} = 402 \text{ МПа.}$$

По отношениям $\frac{E_B}{E_H} = \frac{402}{49} = 8,2$; $\frac{h_B}{D} = \frac{86}{39} = 2,21$ и при $\varphi = 12^\circ$ с помощью номограммы (ОДН 218.046-01 [6, рис.3.2]) находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\tau_H=0,017$ МПа. Расчётное давление принимаем равным $p = 0,8$ МПа (капитальные ДО). Тогда,

$$T = \tau_H \cdot p, \quad (3.29)$$

$$T = 0,017 \cdot 0,8 = 0,0136 \text{ МПа.}$$

Предельное (допускаемое) активное напряжение сдвига $T_{\text{доп}}$ в грунте рабочего слоя определяем по формуле:

$$T_{\text{доп}} = C_N \cdot k_d + 0,1 \cdot \gamma_{\text{ср}} \cdot z_{\text{оп}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{ст}}, \quad (3.30)$$

где C_N – сцепление в грунте проверяемого слоя при числе приложений кратковременной нагрузки $\sum Np$, МПа;

k_d – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания по ОДН 218.046-01 [6, п. 3.35] составляет 1,0;

$z_{\text{оп}}$ – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигу устойчивость, от верха конструкции, см (86см);

$\gamma_{\text{ср}}$ – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоёв, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³;

$\varphi_{\text{ст}}$ – расчётная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки ($\varphi_{\text{ст}} = 35^\circ$);

0,1 – коэффициент для перевода в МПа.

$$T_{\text{доп}} = 0,004 \cdot 1,0 + 0,1 \cdot 0,0021 \cdot 86 \cdot \text{tg} 35^\circ = 0,0166 \text{ МПа}$$

$$\text{где, } \gamma_{\text{ср}} = \frac{0,0024 \cdot 6 + 0,0023 \cdot 8 + 0,002 \cdot 12 + 0,002 \cdot 22 + 0,002 \cdot 38}{86} = 0,0021 \text{ кг/см}^3$$

$$\text{Тогда } \frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,0166}{0,0136} = 1,22, \text{ что больше } K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0.$$

Следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигу в подстилающем слое.

1) Для несвязного конструктивного слоя (песок крупный):

Модуль упругости верхнего слоя модели:

$$h_B = \sum h_i = 0,06 + 0,08 + 0,12 + 0,22 = 0,48 \text{ м.}$$

$$E_B = \frac{1200 \cdot 6 + 800 \cdot 8 + 600 \cdot 12 + 400 \cdot 22}{48} = 617 \text{ МПа.}$$

По отношениям $\frac{E_B}{E_H} = \frac{617}{92} = 6,7$; $\frac{h_B}{D} = \frac{48}{39} = 1,2$ и при $\varphi = 28^\circ$ с помощью номограммы (ОДН 218.046-01 [6, рис.3.2]) находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\tau_H=0,016$ МПа. Тогда,

$$T = 0,016 \cdot 0,8 = 0,0128 \text{ МПа.}$$

Предельное (допускаемое) активное напряжение сдвига $T_{\text{доп}}$ в грунте рабочего слоя определяем по формуле (3.28). $k_d = 4,5$ по ОДН 218.046-01 [6, п. 3.35]:

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{0,0024 \cdot 6 + 0,0023 \cdot 8 + 0,002 \cdot 12 + 0,002 \cdot 22}{48} = 0,0021 \text{ кг/см}^3$$

$$T_{\text{доп}} = 0,003 \cdot 4,5 + 0,1 \cdot 0,0021 \cdot 48 \cdot \text{tg}34^\circ = 0,0203 \text{ МПа}$$

$$\text{Тогда, } \frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,0203}{0,0128} = 1,59, \text{ что больше } K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0.$$

Следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигу в песчаном слое.

3.7.1.3 Расчёт на прочность монолитных слоёв по критерию изгиба

Асфальтобетонные слои конструкции проверяют на прочность при изгибе по критерию:

$$K_{\text{пр}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (3.31)$$

где коэффициент прочности:

$$K_{\text{пр}} = R_n / \sigma_r, \quad (3.32)$$

где R_n – предельно допустимое растягивающее напряжение для материала монолитного слоя (показатель прочности материала слоя на растяжение при изгибе с учётом усталостных явлений),

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в монолитном слое, устанавливаемое расчётом.

Требуемый коэффициент прочности для расчёта по условию растяжения при изгибе, согласно ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.1] составляет $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0$.

При расчётах на изгиб в монолитных слоях систему, включающую в себя дорожные одежды и подстилающий слой, приводят к двухслойной модели. Вычисляем толщину пакета асфальтобетонных слоёв – верхнего слоя системы:

$$h_B = \sum h_i = 6 + 8 = 14 \text{ см.}$$

Находим средневзвешенный модуль упругости верхнего слоя системы:

$$E_B = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2}{h_1 + h_2} \quad (3.33)$$

$$E_B = \frac{4600 \cdot 6 + 2200 \cdot 8}{14} = 3229 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости нижнего слоя модели определяем путём приведения слоистой системы к эквивалентной по жёсткости с помощью номограммы. Нужно определить $E_{\text{общ}}$ на поверхности слоя из чёрного щебня. Согласно расчётам $E_{\text{общ}}^{\text{ч.щ.}} = 228 \text{ МПа}$.

$$\text{Таким образом } E_H = E_{\text{общ}}^{\text{ч.щ.}} = 228 \text{ МПа.}$$

Определяем растягивающее напряжение от единичной нагрузки σ_r , для чего сначала находим отношения $\frac{h_B}{D} = \frac{14}{39} = 0,36$ и $\frac{E_B}{E_H} = \frac{3229}{228} = 10,2$. По номограмме (ОДН 218.046-01 [6, рис. 3.4]) определяем $\sigma_r = 1,4$.

Расчётное давление принимаем равным $p = 0,8 \text{ МПа}$ (капитальные ДО); коэффициент $k_B = 0,85$ по ОДН 218.046-01 [6, п. 3.40]. Тогда расчётное растягивающее напряжение:

$$\sigma_r = 1,4 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,952 \text{ МПа.}$$

Находим коэффициент для нижнего слоя асфальтобетона по формуле:

$$k_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{\sum N_p}}, \quad (3.34)$$

где $\sum N_p$ – расчётное суммарное число приложений расчётной нагрузки за срок службы монолитного покрытия;

m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя.

$$k_1 = \frac{6,3}{\sqrt[4]{1711926}} = 0,19$$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе вычисляем по формуле:

$$R_N = R_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot (1 - v_R \cdot t), \quad (3.35)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчётной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки;

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов. Принимаем по ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.6];

ν_R – коэффициент вариации прочности на растяжение. Принимаем по ОДН 218.046-01 [6, табл. П.4.1];

t – коэффициент нормативного отклонения. Для уровня надёжности 0,95 - $t=1,71$ (ОДН 218.046-01 [6, табл.П.4.2]).

$$R_N = 7,8 \cdot 0,19 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 0,98$$

Вычисляем $\frac{R_N}{\sigma_r} = \frac{0,98}{0,95} = 1,03$, что больше $K_{пр}^{тр} = 1,0$.

Таким образом, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности на изгиб в монолитных слоях.

3.7.1.4 Расчёт на морозоустойчивость

Расчёт дорожной одежды на морозоустойчивость (зимнее пучение) проводят для неблагоприятных грунтово-гидрологических условий. К ним относятся второй и третий типы местности по увлажнению в I–III дорожно-климатических зонах при наличии пылеватых грунтов в верхней части земляного полотна. Расчёт выполняют путём определения величины ожидаемого пучения грунта рабочего слоя земляного полотна и сравнения её с допускаемой для данной конструкции величиной.

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$$l_{пуч} \leq l_{доп} \quad (3.36)$$

где $l_{пуч}$ – расчётное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;
 $l_{доп}$ – допускаемое для данной конструкции пучение грунта.

Допустимое пучение $l_{доп}$ принимаем по ОДН 218.046-01, табл. 4.3, поэтому $l_{доп} = 4$ см.

Грунт рабочего слоя земляного полотна – супесь лёгкая, коэффициент уплотнения 0,96 (ОДН 218.046-01 [6, табл. 4.4]). Она относится к III группе, т.е. пучинистым грунтам.

Средняя глубина промерзания $z_{пр(ср)} = 2,31$ м (ОДН 218.046-01 [6, рис. 4.4]). Тогда $z_{пр} = 2,31 \cdot 1,38 = 3,19$ м.

Вычисляем $l_{пуч ср}$ по формуле:

$$l_{пуч ср} = l_{пуч ср 2,0} \cdot [a + b (z_{пр} - c)], \quad (3.37)$$

где $l_{\text{пуч ср } 2,0}$ – величина морозного пучения при $z_{\text{пр}} = 2,0$ м ($l_{\text{пуч ср } 2,0} = 4,5$ см.).
 Так как глубина промерзания дорожной конструкции $z_{\text{пр}}$ более 2 м, то по формуле (3.35) при $z_{\text{пр}}$ более 2,5 м:
 $a = 1,08$; $b = 0,08$; $c = 2,5$ при $2,5 < z_{\text{пр}} < 3,0$.

$$l_{\text{пуч ср}} = 4,5 \cdot [1,08 + 0,08 (3,19 - 2,5)] = 5,1 \text{ см.}$$

Величину возможного морозного пучения определяем по формуле:

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч ср}} \cdot K_{\text{УГВ}} \cdot K_{\text{пл}} \cdot K_{\text{гр}} \cdot K_{\text{нагр}} \cdot K_{\text{вл}} \quad (3.38)$$

где $l_{\text{пуч ср}}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях;
 $K_{\text{УГВ}}$ – коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод, принимаем равным 0,56 (ОДН 218.046-01 [6, рис. 4.1]);

$K_{\text{пл}}$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя, принимаем равным 1,1 (ОДН 218.046-01 [6, табл. 4.4]);

$K_{\text{гр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки, для песка берём 1,1 (ОДН 218.046-01 [6, табл. 4.5]);

$K_{\text{нагр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое, принимаем равным при $z_{\text{пр}} = 3,19$ для супеси 0,8 (ОДН 218.046-01 [6, рис. 4.2]);

$K_{\text{вл}}$ – коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта = 1,1 (ОДН 218.046-01 [6, табл. 4.6]).

$$l_{\text{пуч}} = 5,1 \cdot 0,56 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 3,04 \text{ см.}$$

Так как $3,04 \text{ см} \leq 4 \text{ см}$, условие выполняется.

Таким образом, рассматриваемая конструкция дорожной одежды удовлетворяет условию морозоустойчивости.

3.7.2 Расчёт второго варианта дорожной одежды

Конструкция второго варианта дорожной одежды и расчётные характеристики материалов по данным ОДН 218.046-01 [6] представлены в таблице 3.6. Конструкция дорожной одежды приведена в графической части на листе №5.

При подборе слоёв конструкции дорожной одежды используем ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон» [8], ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебёночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» [11].

Таблица 3.6 – Характеристики материалов дорожной одежды второго варианта

№	Материал слоя	h, см	γ , кг/см ³	По упруг. прогибу, E, МПа	По усл. сдвига уст., E, МПа	Расчёт на растяжение при изгибе			
						E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Асфальтобетон горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка I, БНД 90/130	7	0,0024	2400	1200	3600	9,5	5,4	5,0
2	Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки, БНД 90/130	10	0,0023	1400	800	2200	7,8	6,3	4,0
3	ЩПС, обработанная цементом М20	24	0,002	500	500	500			
4	ПГС №С-1 (80 мм)	31	0,002	180	180	180	-	-	-
5	Подстилающий грунт земляного полотна – супесь легкая Расчетная влажность: $W_p = 0,6W_T$; При динамическом воздействии: $C_N = 0,005$ Мпа; $\varphi = 12^\circ$. При статическом воздействии: $\varphi_{стат} = 36^\circ$.	-	-	56	56	56	-	-	-

Т.к. суммарная толщина дорожных одежд $0,72 \text{ м} < 0,75 \text{ м}$, то расчётную влажность определяют по таблице П.2.1 ОДН 218.046-01 [6]. $W_p = 0,6 W_T$.

3.7.2.1 Расчёт дорожной одежды по упругому прогибу

$$1) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E^{ПГ}}{E^{ПГС}} = \frac{56}{180} = 0,43.$$

Диаметр следа колеса $D = 39$ см. Тогда $\frac{h_B}{D} = \frac{h_{ПГС}}{D} = \frac{31}{39} = 0,79$.

По номограмме $\frac{E_{общее}^{ПГС}}{E_H} = 0,57$.

Тогда $E_{общ}^{ПГС} = 0,57 \cdot 180 = 102,6$ МПа.

$$2) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E^{ПГС}}{E^{ЩПС}} = \frac{102,6}{500} = 0,21.$$

Отношение $\frac{h_B}{D} = \frac{24}{39} = 0,62$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{шгпс}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{шгпс}}} = 0,4$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{шгпс}} = 0,4 \cdot 500 = 200$ МПа.

$$3) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{шгпс}}^{\text{а}}}{E_{\text{б}}^{\text{пор.}}^{\text{а}}} = \frac{200}{1400} = 0,14.$$

Отношение $\frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{10}{39} = 0,26$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{а}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{а}}^{\text{пор.}}} = 0,21$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{а}}^{\text{пор.}} = 0,21 \cdot 1400 = 294$ МПа.

$$4) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{б}}^{\text{а}}^{\text{пор.}}}{E_{\text{б}}^{\text{а}}^{\text{пл.}}} = \frac{294}{2400} = 0,13.$$

Отношение $\frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{7}{39} = 0,18$.

По номограмме $\frac{E_{\text{общее}}^{\text{а}}}{E_{\text{нижн}}^{\text{а}}^{\text{пл.}}} = 0,16$.

Тогда $E_{\text{общ}}^{\text{а}}^{\text{пл.}} = 0,16 \cdot 2400 = 384$ МПа.

Определяем коэффициент прочности по упругому прогибу:

$$\frac{E_{\text{общее}}^{\text{а}}}{E_{\text{тр. min}}} = \frac{384}{304,2} = 1,26. \text{ Следовательно, } 1,26 > 1,2.$$

Таким образом, рассматриваемая конструкция дорожной одежды удовлетворяет условию прочности по критерию упругого прогиба.

3.7.2.2 Расчёт на прочность по критерию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв

Расчёт по условию сдвигоустойчивости проводим для подстилающего слоя (супесь лёгкая):

Модуль упругости верхнего слоя модели:

$$h_{\text{в}} = \sum h_i = 0,07 + 0,10 + 0,24 + 0,31 = 0,72 \text{ м.}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{1200 \cdot 7 + 800 \cdot 10 + 500 \cdot 24 + 180 \cdot 31}{72} = 472 \text{ МПа.}$$

По отношениям $\frac{E_B}{E_H} = \frac{472}{56} = 8,4$; $\frac{h_B}{D} = \frac{72}{39} = 1,85$ и при $\varphi = 12^\circ$ с помощью номограммы (ОДН 218.046-01 [6, рис.3.2]) находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\tau_H=0,019$ МПа. Расчётное давление принимаем равным $p = 0,8$ МПа (капитальные ДО). Тогда,

$$T = 0,019 \cdot 0,8 = 0,0152 \text{ МПа.}$$

Предельное (допускаемое) активное напряжение сдвига $T_{\text{доп}}$ в грунте рабочего слоя:

$$T_{\text{доп}} = 0,005 \cdot 1,0 + 0,1 \cdot 0,0021 \cdot 72 \cdot \text{tg}36^\circ = 0,016 \text{ МПа}$$

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{0,0024 \cdot 7 + 0,0023 \cdot 10 + 0,002 \cdot 24 + 0,002 \cdot 31}{72} = 0,0021 \text{ кг/см}^3$$

$$\text{Тогда } \frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,016}{0,0152} = 1,05, \text{ что больше } K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0.$$

Следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигу в подстилающем слое.

3.7.2.3 Расчёт на прочность монолитных слоёв по критерию изгиба

Требуемый коэффициент прочности для расчёта по условию растяжения при изгибе, согласно ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.1] составляет $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0$.

Вычисляем толщину пакета асфальтобетонных слоёв – верхнего слоя системы:

$$h_с = \sum h_i = 7 + 10 = 17 \text{ см.}$$

Находим средневзвешенный модуль упругости верхнего слоя системы:

$$E_B = \frac{3600 \cdot 7 + 2200 \cdot 10}{17} = 2776 \text{ МПа.}$$

$$E_H = E_{\text{общ}}^{\text{ЩПС}} = 200 \text{ МПа.}$$

Определяем растягивающее напряжение от единичной нагрузки σ_r , для чего сначала находим отношения $\frac{h_B}{D} = \frac{17}{39} = 0,44$ и $\frac{E_B}{E_H} = \frac{2776}{200} = 13,9$. По номограмме (ОДН 218.046-01 [6, рис. 3.4]) определяем $\sigma_r = 1,5$.

Расчётное давление принимаем равным $p = 0,8$ МПа (капитальные ДО); коэффициент $k_B = 0,85$ по ОДН 218.046-01 [6, п. 3.40]. Тогда расчётное растягивающее напряжение:

$$\sigma_r = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,97 \text{ МПа.}$$

Находим коэффициент для нижнего слоя асфальтобетона:

$$k_1 = \frac{6,3}{\sqrt[4]{1711926}} = 0,19.$$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе:

$$R_N = 7,8 \cdot 0,19 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 0,98.$$

$$\text{Вычисляем } \frac{R_N}{\sigma_r} = \frac{0,98}{0,97} = 1,01, \text{ что больше } K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,0.$$

Таким образом, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности на изгиб в монолитных слоях.

3.7.2.4 Расчёт на морозоустойчивость

Допустимое пучение $l_{\text{доп}}$ принимаем по ОДН 218.046-01, табл. 4.3, поэтому $l_{\text{доп}} = 4$ см.

Грунт рабочего слоя земляного полотна – супесь лёгкая, коэффициент уплотнения 0,96 (ОДН 218.046-01 [6, табл. 4.4]). Она относится к III группе, т.е. пучинистым грунтам.

Средняя глубина промерзания $z_{\text{пр(ср)}} = 2,31$ м (ОДН 218.046-01 [6, рис. 4.4]). Тогда $z_{\text{пр}} = 2,31 \cdot 1,38 = 3,19$ м.

Вычисляем $l_{\text{пуч ср}}$:

Так как глубина промерзания дорожной конструкции $z_{\text{пр}}$ более 2 м, то по формуле (3.35) при $z_{\text{пр}}$ более 2,5 м:

$$a = 1,08; b = 0,08; c = 2,5 \text{ при } 2,5 < z_{\text{пр}} < 3,0.$$

$$l_{\text{пуч ср}} = 4,5 \cdot [1,08 + 0,08 (3,19 - 2,5)] = 5,1 \text{ см.}$$

Определяем величину возможного морозного пучения:

$$l_{\text{пуч}} = 5,1 \cdot 0,56 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 3,04 \text{ см.}$$

Так как $3,04 \text{ см} \leq 4 \text{ см}$, условие выполняется.

Таким образом, рассматриваемая конструкция дорожной одежды удовлетворяет условию морозоустойчивости.

3.7.3 Сравнение вариантов дорожной одежды

При экономическом сравнении вариантов дорожной одежды используем ТЕР 81-02-27-2001 «Территориальные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы в Иркутской области. Часть 27. Автомобильные дороги» [12], а также учебно-методическое пособие «Ценообразование и сметное дело в строительстве» [13].

По данным ТЕР 81-02-27-2001 [12] расценки приведены для 1000 м^2 . Для дороги в 5 км площадью дорожной одежды будет являться произведение длины на ширину покрытия (проезжая часть + краевые полосы обочин) и составит 42500 м^2 ($(7,5+0,5 \cdot 2) \cdot 5000=42500$).

Затраты на устройство горячих а/б покрытий приведены в ТЕР 81-02-27-2001 [12, табл.27-06-020] и составляют:

На высокоплотный а/б – 57926,44 руб. на толщину 4 см;

На пористый мелкозернистый а/б – 53645,25 руб. на толщину 4 см;

На плотный мелкозернистый а/б – 55075,95 руб. на толщину 4 см;

На пористый крупнозернистый а/б – 52779,38 руб. на толщину 4 см.

Затраты на устройство покрытий и оснований из чёрного щебня приведены в ТЕР 81-02-27-2001 [12, табл.27-06-018] и составляют:

На основания из чёрного щебня – 29686,63 руб. на толщину 6 см.

Затраты на устройство оснований и покрытий из гравийных, песчано-гравийных и щебёночно-песчаных смесей приведены в ТЕР 81-02-27-2001 [12, табл.27-04-003] и составляют:

На щебёночно-песчаные смеси оптимального состава – 4301,10 руб. на толщину 12 см;

На песчано-гравийные смеси оптимального состава – 3204,26 руб. на толщину 12 см.

Затраты на устройство подстилающих и выравнивающих слоёв оснований приведены в ТЕР 81-02-27-2001 [12, табл.27-04-001] и составляют:

На песок для строительных работ – 2861,84 руб. на 12 см.

Таким образом, затраты на устройство дорожной одежды составят:

Для 1 варианта:

Асфальтобетон горячей укладки высокоплотный, марка битума БНД 90/130 = 6516724,5 руб. на толщину 6 см.

Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси, марка битума БНД 90/130 = 8046787,5 руб. на толщину 8 см.

Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, БНД 90/130 = 4452994,5 руб. на толщину 12 см.

ЩГПС, обработанная цементом М20 = 591401,25 руб. на толщину 22 см.

Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5% = 679687 руб. на толщину 38 см.

Итого: 6516724,5 + 8046787,5 + 4452994,5 + 591401,25 + 679687 = 20287594,8 руб.

Для 2 варианта:

Асфальтобетон горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка I, БНД 90/130 = 7228718,44 руб. на толщину 7 см.

Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки, БНД 90/130 = 9896133,75 руб. на толщину 10 см.

ЩГПС, обработанная цементом М20 = 645165 руб. на толщину 24 см.

ПГС №С-1 (80 мм) = 620825,38 руб. на толщину 31 см.

Итого: 7228718,44 + 9896133,75 + 645165 + 620825,38 = 18390842,6 руб.

По результатам расчёта делаем вывод, что экономичнее будет применение конструкции дорожной одежды второго варианта.

3.8 Искусственные сооружения

Существующие трубы располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах. Они пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 2% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Следовательно, после изменений проведённых в продольном и поперечном профилях необходимо произвести удлинение водопропускных труб. Ведомость искусственных сооружений представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	9+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	25,52
2	19+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	25,52
3	26+00	Понижение местности	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	25,52

Удлинение трёх существующих железобетонных труб отверстием 1,5 м, выполнено в связи с поднятием земляного полотна при проектировании продольного профиля по параметрам II технической категории и принятой рабочей отметкой.

Существующие трубы с расходом воды справляются. Режим работы труб – безнапорный.

3.9 Комплексная оценка безопасности движения на дороге после реконструкции

Комплексная оценка безопасности движения производится аналогично описанию в гл. 2 п. 2.6. Результаты комплексной оценки участка автомобильной дороги после реконструкции:

- скорость движения на протяжении всего участка в прямом и обратном направлении для автомобиля «Волга» ГАЗ-24 составляет 145 км/ч;

- значения коэффициента безопасности движения на протяжении всего участка дороги больше 0,8, следовательно условия движения практически неопасные;

- значения итоговых коэффициентов аварийности $K_{ит.ав.} \lll 15$ на всех участках, что соответствует требованиям;

- значения коэффициентов уровня загрузки на всём участке меньше 0,7 (II категория, реконструкция), что соответствует требованиям.

Значения пропускной способности и уровней загрузки сведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчёт пропускной способности и уровней загрузки

№ участка	Его границы	Итоговый коэфф-т, $\beta_{ит}$	Пропускная способность, P прив. ед./час	Уровень загрузки
1	ПК 0+00 – ПК 18+50,5	0,52	1040	0,63
2	ПК 18+50,5 – ПК 20+7,25	0,51	1020	0,64
3	ПК 20+7,25 – ПК 26+67,8	0,50	1000	0,66
4	ПК 26+67,8 – ПК 30+60,1	0,52	1040	0,63
5	ПК 30 +60,1– ПК 38+82,77	0,50	1000	0,66
6	ПК 38+82,77– ПК 50+00	0,52	1040	0,63

Расчёт скоростей движений и значения коэффициентов безопасности представлены в приложении В.

Значения коэффициентов аварийности представлены в приложении Г.

Вывод: после реконструкции участка автомобильной дороги результаты комплексной оценки безопасности движения находятся в допустимых пределах. Это говорит о том, что дорога обеспечивает безопасное движение подвижного состава, а также справляется с расчётной интенсивностью.

Результаты оценки приведены на листе №2 графической части.

3.10 Подсчёт объёма земляных работ

Для составления проекта организации работ, выбора типов дорожных машин и оценки стоимости строительства должны быть определены объёмы земляных работ, к которым относят: устройство боковых канав, насыпей, выемок, разборка старой дорожной одежды.

При определении объёма земляных работ используют формулу Винклера. По этой формуле объём призматоида (рисунок 3.1) определяют через среднеарифметическое площадей сечений в начале и в конце участка по формуле:

$$V = \left(\frac{F_i + F_{i-1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i-1})^2}{6} \right) \cdot L_i, \quad (3.25)$$

где F_{i-1}, F_i – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка. Для насыпи высотой до 6 м поперечное сечение представляет собой трапецию (рисунок 3.2);

L_i – расстояние между сечениями земляного полотна i и $i-1$;

h_i, h_{i-1} – рабочие отметки в i и $i-1$ сечениях, соответственно;

m_i – заложение откоса.

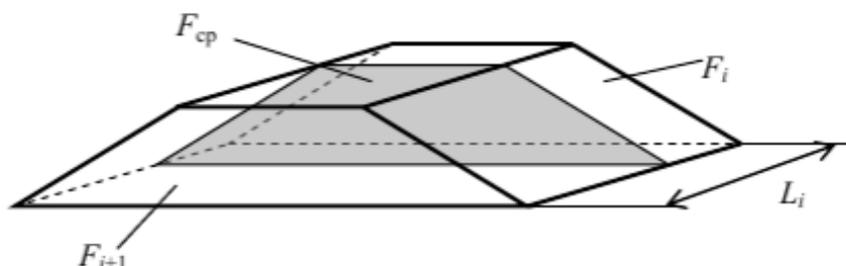


Рисунок 3.1 – Схема к определению объёмов земляных работ

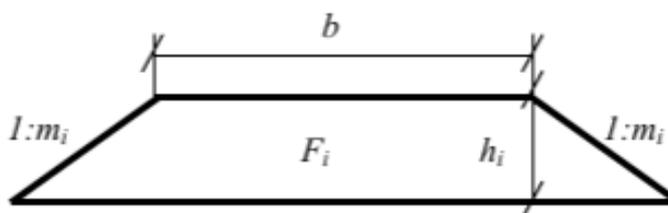


Рисунок 3.2 – Элементы поперечного сечения насыпи

При подсчёте объёмов земляных работ учитываются следующие поправки:

- 1) Поправка на косогорность, при поперечном уклоне более 100%;
- 2) Поправка на разность рабочих отметок;
- 3) Поправка на устройство дорожной одежды;
- 4) Поправка на разность ширины земляного полотна;
- 5) Поправка на снятие растительного слоя грунта;
- 6) Поправка на искусственное уплотнение грунта в насыпях.

Объёмы земляных работ составили: 237302 м³.

Объёмы земляных работ подсчитываются с помощью Excel. Расчёт представлен в приложении Д. График распределения земляных масс приведён в графической части на листе № 6.

3.11 Полоса отвода автомобильной дороги

Полоса отвода автомобильной дороги – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Положение границ полосы отвода автомобильной дороги в нормах отвода установлено в зависимости от:

- категории автомобильной дороги;
- количества полос движения;
- высоты насыпей или глубины выемок;
- наличия боковых резервов;
- крутизны откосов земляного полотна;
- требований обеспечения безопасности движения и боковой видимости.

Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог в пределах полосы отвода, принимаем не менее 5 м с каждой стороны дороги.

В соответствии с постановлением правительства от 2.09.2009 №717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса» [14], определяем ширину полосы отвода для каждого участка автомобильной дороги. Постоянный отвод земель назначаем с учетом видимости.

Полоса отвода приведена в графической части на листе № 6.

4 Обустройство дороги

Обустройство дорог представляет собой совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих организацию и безопасность дорожного движения. В состав комплекса входят дорожные знаки, разметка, ограждения, направляющие столбики.

Работы по устройству данных элементов производятся специализированными дорожными отрядами, имеющими соответствующее оборудование.

Дорожный знак – устройство в виде панели определенной формы, информирующее водителя о расположении различных объектов, режимах движения. Дорожные знаки устанавливаются так, чтобы была обеспечена видимость на расстоянии не менее 100 метров вне населённых пунктов и 50 метров – в населённых пунктах. Знаки устанавливают непосредственно перед перекрестком, местом разворота, объектом сервиса и т.д., при необходимости – на расстоянии не более 25 м в населённых пунктах и 50 м - вне населённых пунктов перед ними.

Километровые знаки ставятся с одной стороны трассы, через каждый километр существующего километража. Сигнальные столбики расставляют с

обеих сторон трассы через каждые 50 м. Барьерные ограждения устанавливаются в тех местах, где высота насыпи составляет более 3 м и на трубах.

Дорожные сигнальные столбики по техническим параметрам и способам размещения на автомобильных дорогах должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-2011 «Технические средства организации дорожного движения» [15] и ГОСТ Р 52289-2019 «Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [16].

Конструкции дорожных ограждений должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607-2006 «Технические средства организации дорожного движения» [17]. Установка ограждений на автомобильных дорогах выполняется в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 [16].

Разметку наносят с помощью маркировочной машины по оси проезжей части, для разделения полос движения, и по кромке проезжей части, для обозначения укрепительной полосы. По техническим параметрам дорожная разметка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51256-2011 «Технические средства организации дорожного движения, разметка дорожная» [18]. Нанесение дорожной разметки на покрытие и элементы дорожных сооружений осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 52289-2019 «Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [16].

5 Деталь. Проектирование транспортной развязки

5.1 Оценка безопасности типов транспортной развязки

Проведя анализ интенсивности движения на примыкании реконструируемой нами дороги с автомобильной дорогой IV категории представлено несколько вариантов развязки. На рисунке 5.1 представлена развязка листовидного типа, на рисунке 5.2 – примыкание по типу трубы, на рисунке 5.3 – распределительное кольцо с 2 путепроводами.

Для оценки безопасности движения на пересечении и примыкании дорог используют следующую формулу:

$$M = K_o \cdot n_o + K_c \cdot n_c + K_n \cdot n_n; \quad (5.1)$$

где K_o – коэффициент для ответвления,
 n_o – количество ответвлений,
 K_c – коэффициент для слияний,
 n_c – количество слияний,
 K_n – коэффициент для пересечений,
 n_n – количество пересечений в одном уровне.

Сравним три варианта примыкания по степени опасности.

1) Листовидный тип примыкания (рисунок 5.1):

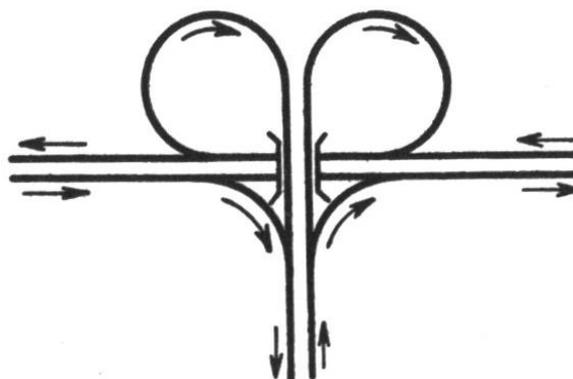


Рис. 5.1 Транспортная развязка листовидного типа

$M=1 \cdot 3 + 3 \cdot 3 = 12$ - степень опасности примыкания по листовидному типу.

2) Примыкание по типу трубы (рисунок 5.2):

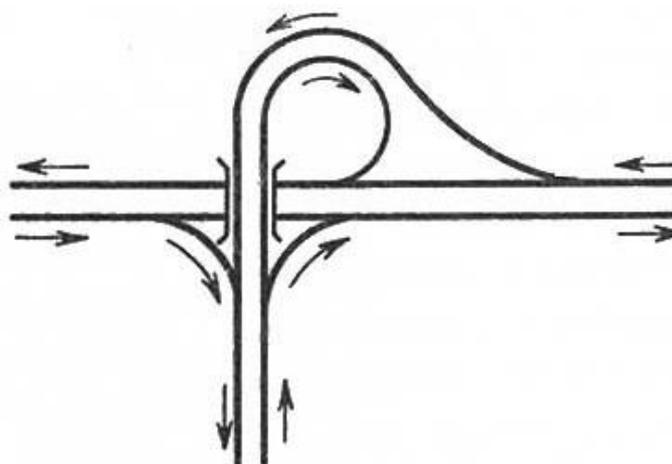


Рис. 5.2 Транспортная развязка по типу трубы

$M=1 \cdot 4 + 3 \cdot 3 = 12$ - степень опасности примыкания по типу трубы.

2) Примыкание по типу распределительного кольца (рисунок 5.3):

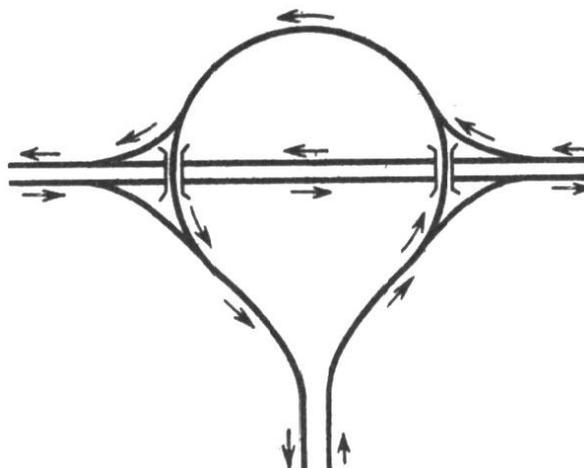


Рис. 5.3 Транспортная развязка по типу распределительного кольца

$M=1 \cdot 3 + 3 \cdot 4 = 15$ - степень опасности примыкания по типу распределительного кольца.

Примыкание по типу трубы обеспечивает развязку движения во всех направлениях при отчуждении сравнительно небольшой площади земель и невысокой строительной стоимости. В «трубе» потоки машин встречаются и движутся друг другу навстречу, что является не особо безопасным.

Листовидный тип примыкания обеспечивает большую безопасность движения, чем примыкание по типу трубы, так как на всём протяжении левоповоротных съездов отсутствует встречное движение. Эта развязка занимает большую площадь.

Транспортная развязка по типу распределительного кольца обладает простой формой и является лёгкой для ориентации водителей. Но в такой развязке имеют место два путепровода.

Такая интенсивность движения, как на автомагистралях, требует максимально безопасных условий примыкания. В связи с этим было принято решение запроектировать транспортную развязку листовидного типа с 4 однопутными съездами. На развязке имеются 2 левоповоротных съезда и 2 правоповоротных съезда.

5.2 Проектирование примыкания листовидного типа

Величину геометрических элементов принимают в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012[1] и ГОСТ 52399-2005[19].

Для построения левоповоротного съезда необходимо провести ряд расчётов.

На рисунке 5.4 изображена схема определения разбивочных кривых точек левоповоротного съезда.

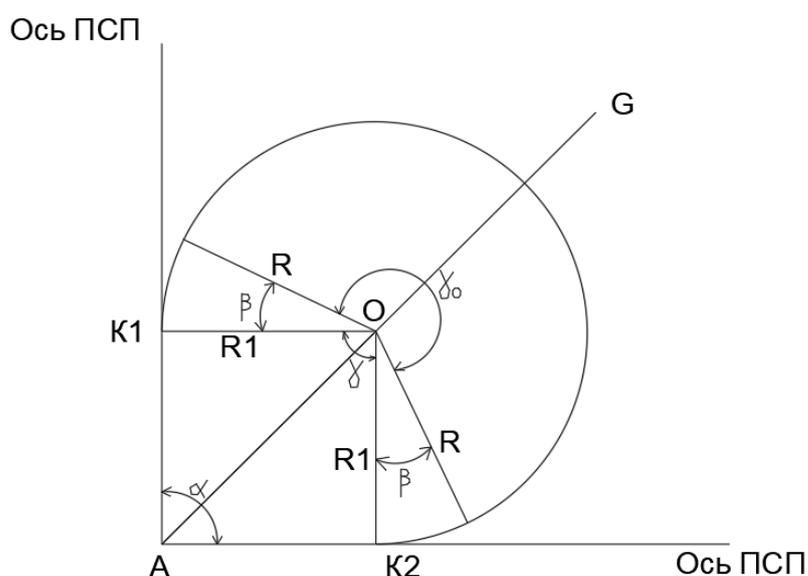


Рисунок 5.4 – Схема построения левоповоротного съезда

По таблице Митина примем данные $R=50$ м, $L=35$ м. Рассчитываем левые повороты по формулам:

$$R_1 = OK = R + P; \quad (5.2)$$

$$R_1 = OK = 50 + 1,44 = 51,44 \text{ м.}$$

$$R_{1(2)} = OK_{(2)} = 50 + 1,44 = 51,44 \text{ м.}$$

$$AO = \frac{OK}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}; \quad (5.3)$$

$$AO = \frac{51,44}{\sin 45} = 72,76 \text{ м.}$$

$$AO_{(2)} = \frac{OK}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{51,44}{\sin 45} = 72,76 \text{ м.}$$

$$AG = AO + R; \quad (5.4)$$

$$AG = 72,76 + 50 = 122,76 \text{ м.}$$

$$AG_{(2)} = 72,76 + 50 = 122,76 \text{ м.}$$

$$AK = OK \cdot \left(\operatorname{tg} 90 - \frac{\alpha}{2} \right); \quad (5.5)$$

$$AK = 51,44 \cdot (\operatorname{tg} 45) = 51,44 \text{ м.}$$

$$AK_{(2)} = 51,44 \cdot (\operatorname{tg} 45) = 51,44 \text{ м.}$$

$$AB = AK - t; \quad (5.6)$$

$$AB = 51,44 - 18,43 = 33,01 \text{ м.}$$

$$AB_{(2)} = 51,44 - 18,43 = 33,01 \text{ м.}$$

$$\beta = \frac{L}{2R}; \quad (5.7)$$

$$\beta = \frac{35}{2 \cdot 50} = 20^\circ$$

$$\beta_2 = \frac{35}{2 \cdot 50} = 20^\circ$$

$$\gamma = 360 - \alpha - 2\beta; \quad (5.8)$$

$$\gamma = 360 - 90 - 40 = 230^\circ$$

$$\gamma_{(2)} = 360 - 90 - 40 = 230^\circ$$

$$\gamma_0 = \gamma - 2\beta; \quad (5.9)$$

$$\gamma_0 = 230 - 40 = 190^\circ$$

$$\gamma_{0(2)} = 230 - 40 = 190^\circ$$

Для построения правоповоротного съезда, а именно – вписывания переходной кривой, используем таблицы Митина, а именно таблицу 1 («Основные элементы горизонтальных и вертикальных кривых»), в которой указаны значения элементов для каждого угла с $R=1$.

Принимаем радиус кривой 200 м.

$$R=1\text{м}; T=3,07; K=2,51; D=3,64; B=2,23.$$

$$\text{Тогда, } R=200 \text{ м. } T=614; K=502; D=728; B=446.$$

Расчётную скорость на подходах к узлу принимают в соответствии с категорией проходящих дорог. Расчётную скорость на узле принимают на правоповоротных съездах 80км/ч для дорог I и II категорий; на левоповоротных съездах 50км/ч для дорог I и II категории.

Переходно-скоростные полосы служат для торможения и разгона. Они позволяют увеличить пропускную способность, устранить помехи прямому движению, улучшить организацию, повысить безопасность, удобство и уменьшить время движения.

Для проектирования ПСП, необходимо рассчитать расстояние, которое потребуется для сброса скорости перед въездом на левоповоротный съезд, и расстояние, требуемое для набора необходимой скорости после выезда с левоповоротного съезда.

Расчет длины полосы торможения и полосы разгона рассчитывается по формулам:

$$S_p = \frac{v_1^2 - v_2^2}{254a_{cp}}; \quad (5.10)$$

$$S_m = \frac{v_1^2 - v_2^2}{254\varphi}; \quad (5.11)$$

Произведем расчеты. Скорости принимаем 120 км/ч для автомобильной дороги II категории, 100 км/ч для автомобильной дороги IV категории. Параметры ПСП для дороги IV категории следующие:

$$\varphi = 0,5, a = 0,5.$$
$$S_T = 100 \text{ метров};$$
$$S_p = 100 \text{ метров};$$

Параметры ПСП для дороги II категории следующие:

$$\varphi = 0,5, a = 0,5.$$
$$S_T = 165 \text{ метров};$$
$$S_p = 165 \text{ метров}.$$

Запроектированное примыкание листовидного типа представлено в графической части на листе №8.

5.3 Обеспечение водоотвода на транспортной развязке

Для обеспечения защиты будущего сооружения и увеличения срока его службы, необходимо обеспечить следующие виды водоотвода:

- поверхностный сток;
- поперечный сток;
- продольный сток.

Поверхностный сток обеспечивается путем устройства уклона дорожной одежды на определенную величину.

Для обеспечения поперечного и продольного стока необходимо запроектировать кюветы и водопропускные трубы исходя из направления движения воды. Вода по местности идет перпендикулярно горизонталям. На рисунке 5.5 показаны направления воды согласно карте.



Рисунок 5.5 – Направление движения воды

Для предотвращения размыва основания земляного полотна водами, устраиваем кювет вдоль дороги, правоповоротного съезда 3, 4, а также для сброса воды трубы.

5.4 Обеспечение безопасности движения

В соответствии с ГОСТ Р 52289-2019 «Технические средства организации дорожного движения» [16] дорожные знаки размещают таким образом, чтобы они воспринимались только участниками движения, для которых они предназначены, и не были закрыты какими-либо препятствиями, обеспечивали удобство эксплуатации и уменьшали вероятность их повреждения.

Знак 5.15.3 «Начало полосы», изображенного на рисунке 5.6, используется для формирования так называемой полосы торможения для ПСП. Именно на эту дополнительную полосу (или полосу торможения) водители должны перестраиваться, не меняя скорости своего движения, и уже на ней осуществлять торможение перед поворотом направо. Это делается для обеспечения безопасности движения на основной дороге.

Знак 5.15.5 «Конец полосы», изображенный на рисунке 5.7, означает, полоса разгона на ПСП закончилась, а проезжая часть дороги сузилась. Следовательно, транспортные средства, которые двигались по этой полосе, должны перестроиться на полосу левее. Но при этом они должны уступить дорогу тем транспортным средствам, которые двигаются по левой полосе. Таким образом, водитель при возникновении знака «Конец полосы» должен понимать возникающую опасность, заключающуюся в уменьшении количества полос для движения в попутном направлении, и принять адекватные меры.

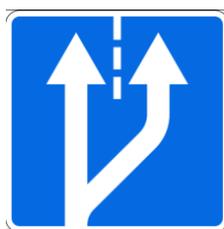


Рисунок 5.6 – знак 5.15.3 «Начало полосы»

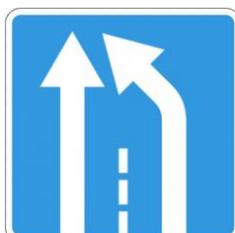


Рисунок 5.7 – знак 5.15.5 «Конец полосы»

Дорожный знак 2.4 «Уступи дорогу» (рисунок 5.8) устанавливается перед пересечением ПСП и выезда с левоповоротного съезда и говорит, что, находясь

на выезде со съезда, нужно уступить дорогу водителям, которые движутся по ПСП.

Но знак 2.4 не обязывает остановиться. То есть, если перекресток хорошо просматривается и водитель, подъезжая к перекрестку, уже успел убедиться, что дорогу уступать не кому, то можно смело проезжать без остановки.



Рисунок 5.8 – Знак 2.4 «Уступи дорогу»

Дорожная разметка 1.1 – сплошная линия (рисунок 5.9). Прежде всего и чаще всего, разметка 1.1 применяется для того, чтобы разделить транспортные потоки противоположных направлений. «Одинарная сплошная разметка» категорически запрещает выезд из занимаемой полосы на встречную полосу. Иными словами, водитель обязан двигаться строго по своей полосе.



Рисунок 5.9 – Сплошная линия

Второй вид разметки, используемый при проектировании развязки и изображенный на рисунке 5.10, это дорожная разметка 1.2. Она служит для обозначения края проезжей части.



Рисунок 5.10 – Дорожная разметка 1.2 – Край проезжей части

Дорожная разметка 1.5 – прерывистая линия, которая служит для разделения транспортных потоков противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы. Обозначает границы движения. Изображена на рисунке 5.11.



Рисунок 5.11 – Дорожная разметка 1.5

Разметка 1.8 используется для обозначения границ между ПСП (въездом на полосу торможения и выездом с полосы разгона) и основной полосой движения. Изображена на рисунке 5.12.



Рисунок 5.12 – Дорожная разметка 1.8

Последним используемым видом дорожной разметки является разметка 1.19, изображенная на рисунке 5.13. Она призвана предупредить водителя о том, что полоса, по которой он движется, скоро закончится и ему будет необходимо перестроиться на соседнюю полосу.



Рисунок 5.13 – Дорожная разметка 1.19

6 Соображения по организации реконструкции

Основные показатели по организации реконструкции в соответствии с типовыми технологическими картами на устройство земляного полотна и дорожной одежды [20]. Все виды работ выполняются механизированными дорожными отрядами. Для каждого вида работ в операционных технических картах принята соответствующая ведущая машина:

МДО №1 – подготовительные работы (ведущая машина – автогрейдер ДЗ-98 с производительностью 5714,29 м²/см.);

МДО №2 – удлинение водопропускных труб (ведущая машина – автомобильный кран КС-3573.);

МДО №3 – земляные работы (ведущая машина - автогрейдер ДЗ-98 с производительностью 5714,29 м²/см.);

МДО №4 – устройство слоя основания из ПГС №С-1 (ведущая машина - автогрейдер ДЗ-98 с производительностью 5714,29 м²/см.);

МДО №5 – Устройство слоя основания из ЩГПС, обработанной цементом М20 (ведущая машина - автогрейдер ДЗ-98 с производительностью 5714,29 м²/см.);

МДО №6 – Устройство а/б слоя горячей укладки пористого II марки, БНД90/130 (ведущая машина - асфальтоукладчик ДС-48 с производительностью 4706 м²/см.);

МДО №7 – Устройство а/б слоя горячей плотного мелкозернистого, тип А, марка I, БНД90/130 (ведущая машина - асфальтоукладчик ДС-48 с производительностью 4706 м²/см.);

МДО №8 – Обустройство дороги.

Срок реконструкцию существующей автомобильной дороги принят равным одному сезону. При обосновании срока строительства учитываются климатические показатели района производства работ.

С учётом всех видов работа построен линейный календарный график, который представлен на листе № 7 графической части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги в Иркутской области. Для этого был произведен анализ существующей дороги, по результатам которого была выявлена непригодность существующей конструкции для дальнейшей эксплуатации. Необходимость реконструкции обоснована рядом причин: очень быстрым ростом интенсивности и составом движения; неудовлетворительным состоянием дорожных одежд; недопустимыми коэффициентами при комплексной оценке безопасности; и др.

В настоящей работе были усовершенствованы транспортно-эксплуатационные показатели посредством реконструкции участка автомобильной дороги. В частности, изменены геометрические элементы, изменена проектная линия, запроектирована дорожная одежда капитального типа, так же было запроектировано примыкание листовидного типа для увеличения безопасности. Решение подтверждено комплексной оценкой безопасности с полученными допустимыми коэффициентами.

Поставленная цель была достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги: Минрегион России М.: Москва 2012.
- 2 СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* Строительная климатология: Минрегион России М.: Москва 2012.
- 3 Жуков В. И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог: учебное пособие/КрасГАСА. – Красноярск, 2002.
- 4 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006.
- 5 Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника/ под ред. Г. А. Федотова – Москва: Транспорт, 1989.
- 6 ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы проектирования нежестких дорожных одежд. – ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», МАДИ (ТУ), ГП «РОСДОРНИИ», 2001.01-01.
- 7 ПНСТ 265-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. с 15.05.2018. До 15.05.2021.
- 8 ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Введ. с 01.01.2011– М.: Изд-во стандартов, 2014.
- 9 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.04.2015 – Москва: Стандартинформ, 2014.
- 10 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.01.95 – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 11 ГОСТ 25607-2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. 01.01.2011 – М.: Стандартинформ, 2010.
- 12 ТЕР 81-02-27-2001 «Территориальные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы. Иркутская область. Часть 27. Автомобильные дороги. – Иркутск, 2010.
- 13 В. В. Гавриш, Е. В. Гкторин, Т. В. Гавриленко, В. В. Серватинский; Ценообразование и сметное дело в строительстве: Учебно-методическое пособие – Красноярск, 2013.
- 14 Постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. №717 О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. № 717. Доступ из справ.- правовой сист. «КонсультантПлюс».
- 15 ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. с 31.08.2011 –Москва: Стандартинформ, 2011.

16 ГОСТ Р 52289-2019 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. с 15.12.2004 – Москва: Стандартинформ, 2005.

17 ГОСТ 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. с 01.01.2008. – Москва: Стандартинформ, 2007.

18 ГОСТ 51256 – 2011 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. с 01.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012.

19 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – Введ. 01.05.2006. – Москва: Стандартинформ, 2006.

20 Типовые технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды: распоряжение Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-468-р/РОСАВТОДОР – Москва, 2004.

21 В. А. Гохман, В. М. Визгалов, М. П. Поляков; Пересечения и примыкания автомобильных дорог М, В. Ш., 1989г.

22 Е. Н. Дубровин, Ю. С. Ланцберг; Пересечения в разных уровнях на городских улицах М. В. Ш., 1977г.

23 В. И. Жуков; Проектирование узлов автомобильных дорог Крас-к, 2001г.

24 Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций – Красноярск: ИАС, 2007.

25 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2-07-2014/ Сиб. Федер. ун-т. – Красноярск, 2014.

26 Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы : учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-тб 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Расчёт скоростей движения и значения коэффициентов безопасности для существующей дороги

№	V_0 , м/с	Расстояние, м	Уклон	Передача	a	b	n	e^{-2nx}	L	V , м/с	V , км/ч	Примечания	Снижение скорости до 145 км/ч	$K_{без}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Прямое направление														
1	40,28	100	0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2447	41,06	148	дв. на подъём	145	1
2	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
3	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
4	40,28	100	0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2286	40,91	147	смена уклона	145	1
5	40,28	100	0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2447	41,06	148	смена уклона	145	1
6	40,28	100	0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2378	40,99	148	смена уклона	145	1
7	40,28	100	0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2447	41,06	148	смена уклона	145	1
8	40,28	100	0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2401	41,02	148	смена уклона	145	1
9	40,28	100	-0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2493	41,10	148	дв. на спуск	145	1
10	40,28	200	0,011	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2216	41,36	149	дв. на подъём	145	1
11	40,28	100	0,019	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2032	40,67	146	смена уклона	145	1
12	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
13	40,28	100	0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2401	41,02	148	смена уклона	145	1
14	40,28	100	0,016	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2101	40,73	147	смена уклона	145	1
15	40,28	200	0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2263	41,44	149	смена уклона	145	1
16	40,28	100	-0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2493	41,10	148	дв. на спуск	145	1
17	40,28	100	-0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2539	41,15	148	смена уклона	145	1
18	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	дв. на подъём	145	1
19	40,28	100	0,010	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2239	40,86	147	смена уклона	145	1
20	40,28	100	0,002	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2424	41,04	148	смена уклона	145	1
21	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	дв. на спуск	145	1
22	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
23	40,28	100	-0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2562	41,17	148	смена уклона	145	1
24	40,28	100	0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2286	40,91	147	дв. на подъём	145	1
25	40,28	100	0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2263	40,89	147	смена уклона	145	1

Продолжение таблицы А.1

26	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
27	40,28	100	0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2286	40,91	147	смена уклона	145	1
28	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
29	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
30	40,28	100	0,012	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2193	40,82	147	смена уклона	145	1
31	40,28	100	0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2263	40,89	147	смена уклона	145	1
32	40,28	100	0,005	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2355	40,97	148	смена уклона	145	1
33	40,28	200	0,010	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2239	41,40	149	смена уклона	145	1
34	40,28	200	0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2263	41,44	149	смена уклона	145	1
35	40,28	300	0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,787	2286	42,00	151	смена уклона	145	1
36	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
37	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
38	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
39	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
40	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
41	40,28	100	0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2378	40,99	148	смена уклона	145	1
42	40,28	100	0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2286	40,91	147	смена уклона	145	1
43	40,28	100	0,005	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2355	40,97	148	смена уклона	145	1
44	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
Обратное направление														
1	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	дв. на спуск	145	1
2	40,28	100	-0,005	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2586	41,19	148	смена уклона	145	1
3	40,28	100	-0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2655	41,25	149	смена уклона	145	1
4	40,28	100	-0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2562	41,17	148	смена уклона	145	1
5	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
6	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
7	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
8	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
9	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
10	40,28	300	-0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,787	2655	42,93	155	смена уклона	145	1
11	40,28	200	-0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2678	42,17	152	смена уклона	145	1
12	40,28	200	-0,010	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2701	42,21	152	смена уклона	145	1

Окончание таблицы А.1

13	40,28	100	-0,005	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2586	41,19	148	смена уклона	145	1
14	40,28	100	-0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2678	41,27	149	смена уклона	145	1
15	40,28	100	-0,012	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2747	41,34	149	смена уклона	145	1
16	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
17	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
18	40,28	100	-0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2655	41,25	149	смена уклона	145	1
19	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
20	40,28	100	-0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2678	41,27	149	смена уклона	145	1
21	40,28	100	-0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2655	41,25	149	смена уклона	145	1
22	40,28	100	0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2378	40,99	148	дв. на подъём	145	1
23	40,28	100	0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2332	40,95	147	смена уклона	145	1
24	40,28	100	0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2309	40,93	147	смена уклона	145	1
25	40,28	100	-0,002	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2516	41,12	148	дв. на спуск	145	1
26	40,28	100	-0,010	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2701	41,30	149	смена уклона	145	1
27	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
28	40,28	100	0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2401	41,02	148	дв. на подъём	145	1
29	40,28	100	0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2447	41,06	148	смена уклона	145	1
30	40,28	200	-0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2678	42,17	152	дв. на спуск	145	1
31	40,28	100	-0,016	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2839	41,43	149	смена уклона	145	1
32	40,28	100	-0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2539	41,15	148	смена уклона	145	1
33	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
34	40,28	100	-0,009	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2678	41,27	149	смена уклона	145	1
35	40,28	200	-0,011	4	252,9	0,083	0,0004	0,852	2724	42,25	152	смена уклона	145	1
36	40,28	100	0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2447	41,06	148	дв. на подъём	145	1
37	40,28	100	-0,003	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2539	41,15	148	дв. на спуск	145	1
38	40,28	100	-0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2493	41,10	148	смена уклона	145	1
39	40,28	100	-0,004	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2562	41,17	148	смена уклона	145	1
40	40,28	100	-0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2493	41,10	148	смена уклона	145	1
41	40,28	100	-0,008	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2655	41,25	149	смена уклона	145	1
42	40,28	100	-0,006	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2609	41,21	148	смена уклона	145	1
43	40,28	100	-0,007	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2632	41,23	148	смена уклона	145	1
44	40,28	100	-0,001	4	252,9	0,083	0,0004	0,923	2493	41,10	148	смена уклона	145	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Коэффициенты аварийности на существующей дороге

$K_{ав-ти}$	Оцениваемый показатель	Участок дороги	Значение показателя	Время года	Поправочный коэффициент	Значение исправленного показателя	Значение коэффициента аварийности
1	2	3	4	5	6	7	8
K_1	Интенсивность движения, авт./сут.	вся дорога	4846	лето	1,0	4846	0,98
				переходный период	1,2	5815	1,12
				зима	1,2	5815	1,12
K_2	Ширина проезжей части, м	вся дорога	7,0	лето	1,0	7,0	1,05
				переходный период	1,0	7,0	1,05
				зима	0,9	6,3	1,26
K_3	Ширина обочины, м	вся дорога	2,5	лето	1,0	2,5	1,1
				переходный период	1,0	2,5	1,1
				зима	0,9	2,25	1,15
K_4	Продольный уклон, ‰	С ПК 0+00 по ПК 50+00	<20	для всех сезонов	1,0	<20	1,0
K_5	Радиус кривых в плане, м	ПК21+7,25–ПК25+67,80	840	для всех сезонов	1,0	840	1,32
		ПК31+60,1–ПК34+4,52	840			840	1,32
		ПК35+26,51–ПК37+82,77	1000			1000	1,25
K_6	Видимость, м	ПК7+75 – ПК8+25	246	лето	1,0	246	2,41
		ПК16+64 – ПК17+36	185,3			185,3	2,76
		ПК21+7,25–ПК25+67,80	108,3			108,3	2,95
		ПК31+60,1–ПК34+4,52	108,3			108,3	2,95
		ПК35+26,51–ПК37+82,77	118,2			118,2	2,89
							переходный период
						185,3	2,76
						108,3	2,95
						108,3	2,95
						118,2	2,89

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
				зима	0,8	196,8 148,2 86,6 86,6 94,6	2,56 3,42 3,31 3,31 3,06
K_7	Ширина проезжей части моста по отношению к проезжей части дороги, м	вся дорога	Нет моста	для всех сезонов	1,0	Нет моста	1,0
K_8	Длина прямых участков, км	вся дорога	<3 км	для всех сезонов	1,0	<3 км	1,0
K_9	Тип пересечения с примыкающей дорогой	ПК00+00-ПК1+00	В одном уровне	для всех сезонов	1,0	-	1,5
K_{10}	Интенсивность движения на основной дороге на пересечении в одном уровне, авт./сут.	ПК00+00-ПК1+00	4846	лето	1,0	4846	3,0
				переходный период	1,2	5815	4,0
				зима	1,0	4846	3,0
K_{11}	Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой, м	ПК00+00-ПК1+00	>60	для всех сезонов	1,0	60	1,0
K_{12}	Число полос движения на проезжей части	вся дорога	2	для всех сезонов	1,0	2	1,0
K_{13}	Расстояние до проезжей части от застройки или зеленых насаждений, м	вся дорога	>100	для всех сезонов	1,0	>100	1,0
K_{14}	Длина населенного пункта, вдоль которого проходит дорога, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0
K_{15}	Протяжённость участков подходов, примыкающих к населённым пунктам, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8
K_{16}	Коэффициент сцепления	вся дорога	0,6 0,3 0,4	лето	1,0	0,6	1,3
				переходный период	1,0	0,3	2,5
				зима	1,0	0,4	2,0
K_{17}	Расстояние от кромки проезжей части до сооружения, столба или дерева вблизи дороги, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0
K_{18}	Ширина разделительной полосы, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Расчёт скоростей движения и значения коэффициентов безопасности для реконструированной дороги

№	V_0 , м/с	Расстояние, м	Уклон	Передача	a	b	n	e^{-2nx}	L	V , м/с	V , км/ч	Примечания	Искусственное снижение скорости до 145 км/ч	$K_{без}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Прямое направление														
1	40,28	1500	0,005	4	252,9	0,083	0,004	0,301	2355	46,20	166	дв. на подъём	145	1
2	40,28	600	0,007	4	252,9	0,083	0,004	0,619	2309	43,41	156	смена уклона	145	1
3	40,28	400	-0,006	4	252,9	0,083	0,004	0,726	2609	43,50	157	дв. на спуск	145	1
4	40,28	1000	0,008	4	252,9	0,083	0,004	0,449	2286	44,58	160	дв. на подъём	145	1
5	40,28	600	0,009	4	252,9	0,083	0,004	0,619	2263	43,20	156	смена уклона	145	1
6	40,28	900	0,006	4	252,9	0,083	0,004	0,487	2332	44,57	160	смена уклона	145	1
Обратное направление														
1	40,28	900	-0,006	4	252,9	0,083	0,004	0,487	2609	46,14	166	дв. на спуск	145	1
2	40,28	600	-0,009	4	252,9	0,083	0,004	0,619	2678	45,00	162	смена уклона	145	1
3	40,28	1000	-0,008	4	252,9	0,083	0,004	0,449	2655	46,81	169	смена уклона	145	1
4	40,28	400	0,006	4	252,9	0,083	0,004	0,726	2332	42,62	153	дв. на подъём	145	1
5	40,28	600	-0,007	4	252,9	0,083	0,004	0,619	2632	44,80	161	дв. на спуск	145	1
6	40,28	1500	-0,005	4	252,9	0,083	0,004	0,301	2586	47,91	172	смена уклона	145	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Коэффициенты аварийности на реконструированной дороге

$K_{ав-ти}$	Оцениваемый показатель	Участок дороги	Значение показателя	Время года	Поправочный коэффициент	Значение исправленного показателя	Значение коэффициента аварийности
1	2	3	4	5	6	7	8
K_1	Интенсивность движения, авт./сут.	вся дорога	6561	лето	1,0	6561	1,23
				переходный период	1,4	9185	1,71
				зима	0,7	4593	0,95
K_2	Ширина проезжей части, м	вся дорога	7,5	лето	1,0	7,5	1,0
				переходный период	1,0	7,5	1,0
				зима	0,9	6,75	1,13
K_3	Ширина обочины, м	вся дорога	3,75	лето	1,0	3,75	0,85
				переходный период	1,0	3,75	0,85
				зима	0,9	3,38	0,92
K_4	Продольный уклон, ‰	С ПК 0+00 по ПК 50+00	<20	для всех сезонов	1,0	<20	1,0
K_5	Радиус кривых в плане, м	ПК21+7,25–ПК25+67,80	840	для всех сезонов	1,0	840	1,32
		ПК31+60,1–ПК34+4,52	840			840	1,32
		ПК35+26,51–ПК37+82,77	1000			1000	1,25
K_6	Видимость, м	ПК19+50,5 – ПК22+49,5	332,4	лето	1,0	332,4	2,07
		ПК21+7,25–ПК25+67,80	108,3			108,3	2,95
		ПК31+60,1–ПК34+4,52	108,3			108,3	2,95
		ПК35+26,51–ПК37+82,77	118,2			118,2	2,89
				переходный период	1,0	332,4	2,07
						108,3	2,95
						108,3	2,95
						118,2	2,89
				зима	0,8	265,9	2,34
						86,6	3,31
						86,6	3,31
						94,6	3,06

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
K_7	Ширина проезжей части моста по отношению к проезжей части дороги, м	вся дорога	Нет моста	для всех сезонов	1,0	Нет моста	1,0
K_8	Длина прямых участков, км	вся дорога	<3 км	для всех сезонов	1,0	<3 км	1,0
K_9	Тип пересечения с примыкающей дорогой	ПК00+00-ПК1+00	В разных уровнях	для всех сезонов	0,35	-	0,35
K_{10}	Интенсивность движения на основной дороге на пересечении в одном уровне, авт./сут.	ПК00+00-ПК1+00	В разных уровнях	лето	1,0	6561	1,0
				переходный период	1,0	6561	1,0
				зима	1,0	6561	1,0
K_{11}	Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой, м	ПК00+00-ПК1+00	>60	для всех сезонов	1,0	60	1,0
K_{12}	Число полос движения на проезжей части	вся дорога	2	для всех сезонов	1,0	2	1,0
K_{13}	Расстояние до проезжей части от застройки или зеленых насаждений, м	вся дорога	>100	для всех сезонов	1,0	>100	1,0
K_{14}	Длина населенного пункта, вдоль которого проходит дорога, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0
K_{15}	Протяжённость участков подходов, примыкающих к населённым пунктам, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0
K_{16}	Коэффициент сцепления	вся дорога	0,7 5 0,6 0,6	лето	1,0	0,75	0,75
				переходный период	1,0	0,6	1,3
				зима	1,0	0,6	1,3

Окончание таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8
K_{17}	Расстояние от кромки проезжей части до сооружения, столба или дерева вблизи дороги, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0
K_{18}	Ширина разделительной полосы, м	вся дорога	0	для всех сезонов	1,0	0	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Объём земляных работ

Ширина земляного полотна = 15 м;
 Ширина дна кювета в выемке = 0,5 м;
 Глубина кювета в выемке = 0,3 м;
 Заложение внутреннего откоса выемки = 4;
 Уположение откоса высокой насыпи = 0,25;
 Толщина дорожной одежды = 0,72 м;
 Ширина дорожной одежды = 8,5 м;
 Коэффициент уплотнения грунта насыпи = 0,98

Таблица Д.1 – Расчёт объёмов земляных работ для реконструированной дороги

Вводимые данные					Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объёмы, м ³		Поправки, м ³		Объёмы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	Ширина закуветной полки выемки или бермы насыпи, м	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройство дорожной одежды	насыпь с учётом коэфф-та уплотнения	выемка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	1,52	4	0	32,04	0,00	0	0	0	0	0	0	0
1	100	1,60	4	0	34,24	0,00	33,14	3314	0	15	-615	3985	0
2	100	1,55	4	0	32,86	0,00	33,55	3355	0	15	-615	3943	0
3	100	1,57	4	0	33,41	0,00	33,13	3313	0	15	-615	4338	0
4	100	1,83	4	0	40,85	0,00	37,13	3713	0	15	-615	4685	0
5	100	1,81	4	0	40,25	0,00	40,55	4055	0	15	-615	4864	0

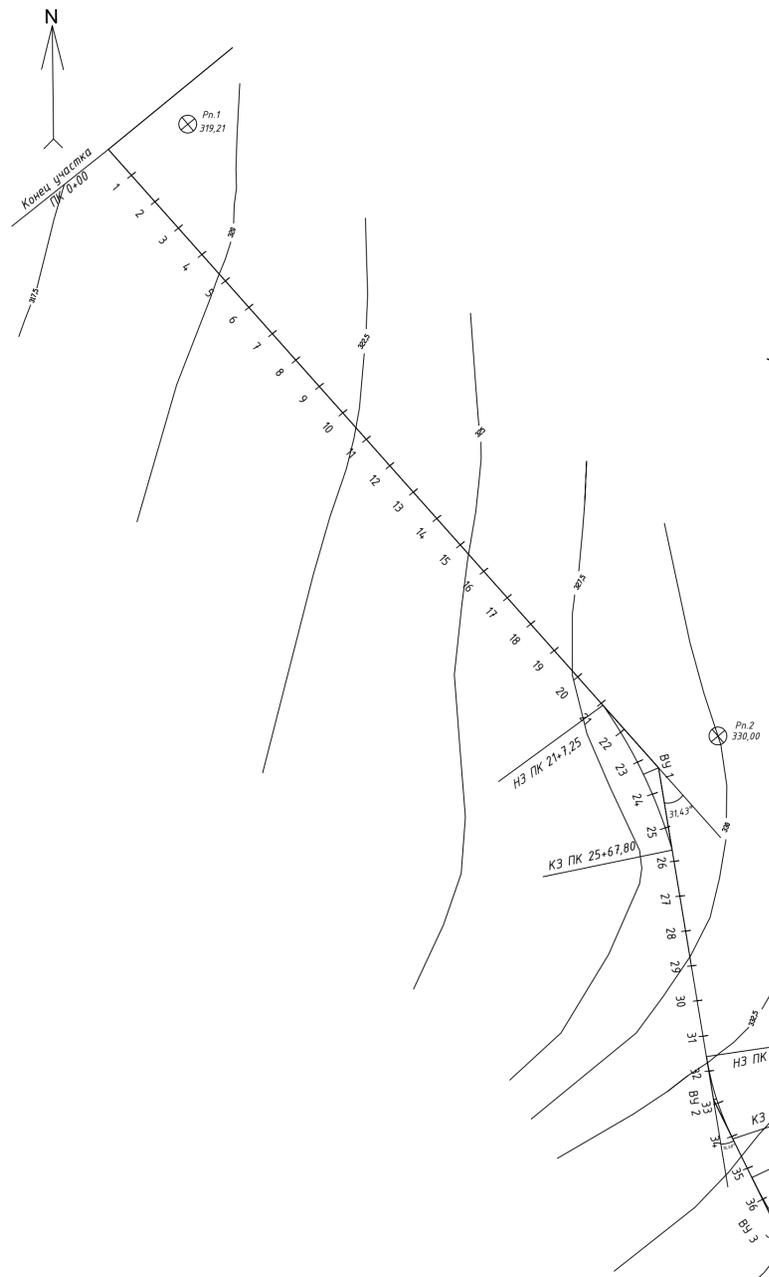
Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	100	1,95	4	0	44,46	0,00	42,36	4236	0	15	-615	5941	0
7	100	2,49	4	0	62,15	0,00	53,31	5331	0	15	-615	6637	0
8	100	2,37	4	0	58,02	0,00	60,08	6008	0	15	-615	6720	0
9	100	3,26	1,5	0	64,84	0,00	61,43	6143	0	15	-615	7366	0
10	100	2,71	4	0	70,03	0,00	67,43	6743	0	15	-615	6186	0
11	100	1,87	4	0	42,04	0,00	56,03	5603	0	15	-615	4354	0
12	100	1,54	4	0	32,59	0,00	37,31	3731	0	15	-615	4545	0
13	100	2,00	4	0	46,00	0,00	39,29	3929	0	15	-615	5292	0
14	100	2,04	4	0	47,25	0,00	46,62	4662	0	15	-615	5754	0
15	100	2,29	4	0	55,33	0,00	51,29	5129	0	15	-615	5754	0
16	100	2,04	4	0	47,25	0,00	51,29	5129	0	15	-615	5323	0
17	100	2,02	4	0	46,62	0,00	46,93	4693	0	15	-615	5261	0
18	100	2,00	4	0	46,00	0,00	46,31	4631	0	15	-615	5959	0
19	100	3,16	1,5	0	62,38	0,00	54,19	5419	0	15	-615	7414	0
20	100	2,80	4	0	73,36	0,00	67,87	6787	0	15	-615	5388	0
21	100	1,25	4	0	25,00	0,00	49,18	4918	0	15	-615	3679	0
22	100	1,67	4	0	36,21	0,00	30,60	3060	0	15	-615	4408	0
23	100	1,78	4	0	39,37	0,00	37,79	3779	0	15	-615	4380	0
24	100	1,65	4	0	35,64	0,00	37,51	3751	0	15	-615	4251	0
25	100	1,69	4	0	36,77	0,00	36,21	3621	0	15	-615	6263	0
26	100	2,92	4	0	77,91	0,00	57,34	5734	0	15	-615	6769	0
27	100	2,00	4	0	46,00	0,00	61,95	6195	0	15	-615	4792	0
28	100	1,71	4	0	37,35	0,00	41,67	4167	0	15	-615	4365	0
29	100	1,71	4	0	37,35	0,00	37,35	3735	0	15	-615	4180	0
30	100	1,58	4	0	33,69	0,00	35,52	3552	0	15	-615	4295	0
31	100	1,79	4	0	39,67	0,00	36,68	3668	0	15	-615	4553	0

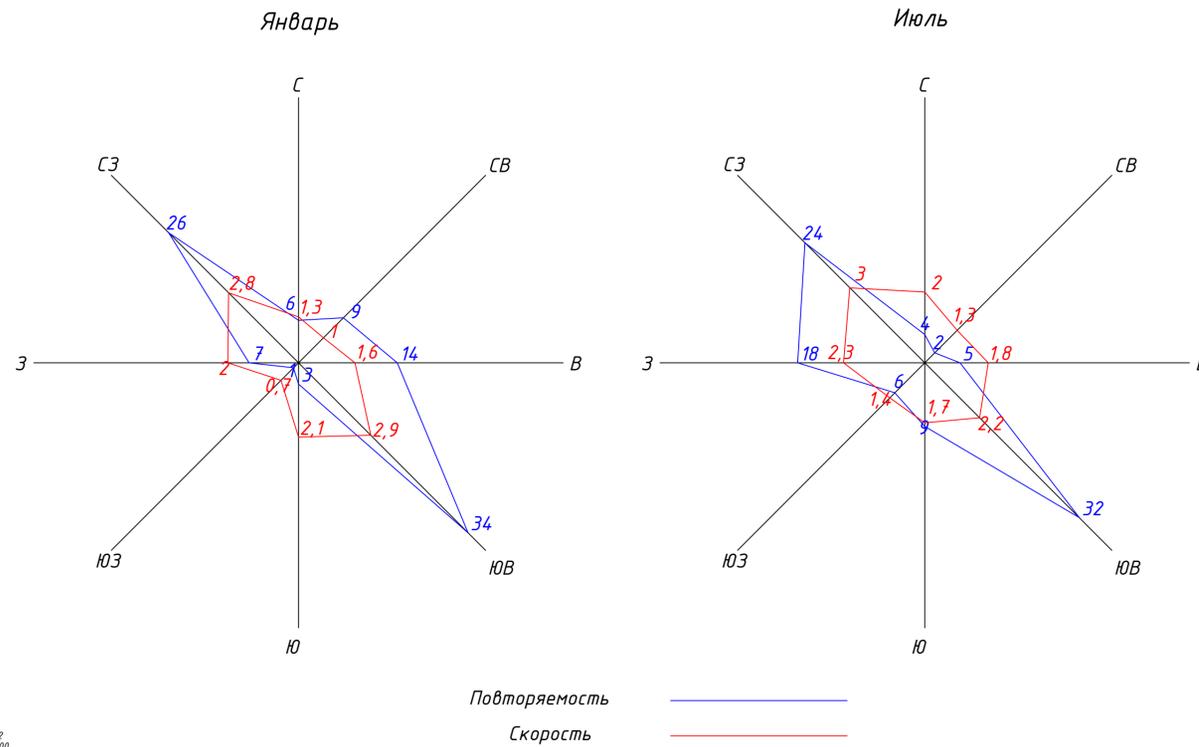
Окончание таблицы Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
32	100	1,76	4	0	38,79	0,00	39,23	3923	0	15	-615	4365	0
33	100	1,66	4	0	35,92	0,00	37,36	3736	0	15	-615	4251	0
34	100	1,68	4	0	36,49	0,00	36,21	3621	0	15	-615	4069	0
35	100	1,53	4	0	32,31	0,00	34,40	3440	0	15	-615	3875	0
36	100	1,54	4	0	32,59	0,00	32,45	3245	0	15	-615	3861	0
37	100	1,52	4	0	32,04	0,00	32,31	3231	0	15	-615	3916	0
38	100	1,58	4	0	33,69	0,00	32,86	3286	0	15	-615	4068	0
39	100	1,63	4	0	35,08	0,00	34,38	3438	0	15	-615	4013	0
40	100	1,54	4	0	32,59	0,00	33,83	3383	0	15	-615	3985	0
41	100	1,61	4	0	34,52	0,00	33,55	3355	0	15	-615	4138	0
42	100	1,65	4	0	35,64	0,00	35,08	3508	0	15	-615	4138	0
43	100	1,61	4	0	34,52	0,00	35,08	3508	0	15	-615	4180	0
44	100	1,68	4	0	36,49	0,00	35,50	3550	0	15	-615	4110	0
45	100	1,56	4	0	33,13	0,00	34,81	3481	0	15	-615	4096	0
46	100	1,67	4	0	36,21	0,00	34,67	3467	0	15	-615	4336	0
47	100	1,73	4	0	37,92	0,00	37,06	3706	0	15	-615	4153	0
48	100	1,54	4	0	32,59	0,00	35,25	3525	0	15	-615	4027	0
49	100	1,64	4	0	35,36	0,00	33,97	3397	0	15	-615	3999	0
50	100	1,52	4	0	32,04	0,00	33,70	3370	0	15	-615	2078	0
								$\Sigma=208276$				$\Sigma=237302$	

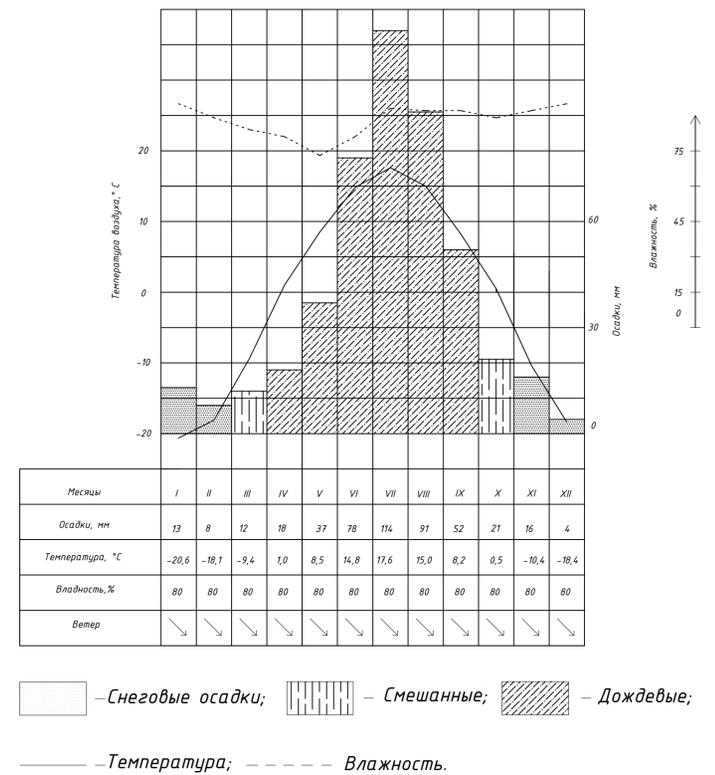
План трассы М1:10000



Розы ветров



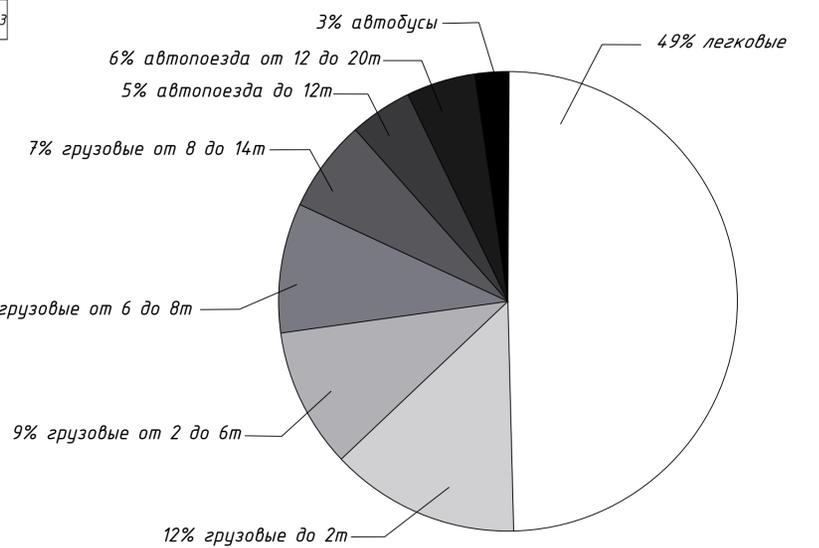
Дорожно-климатический график



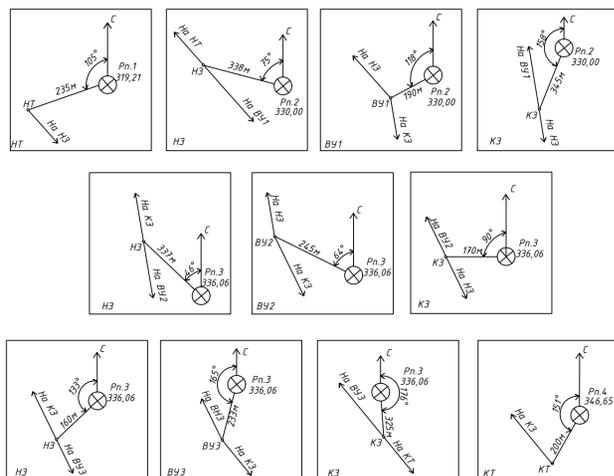
Ведомость углов поворота

Кривая	Положение вершины угла поворота			Радиус, м	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых					Расстояние между вершинами, м	Длина прямой, м							
	КМ	ПК	+		Величина угла поворота		тангенс	тангенс	переходные кривые	коро-баз кривая	выс-сая-точка	Начало		Конеч									
					влево	вправо						ПК	+	ПК			+	ПК	+				
НТ	0	0	00													234,3,29	2107,25						
ВУ1	2	1	7,25		31,43°	840	236,04	236,04	0	0	460,55	32,53	21	7,25	21	7,25	25	67,80	25	67,80	951,82	592,30	
ВУ2	3	1	60,10	16,68°		840	123,48	123,48	0	0	244,42	9,03	31	60,10	31	60,10	34	4,52	34	4,52	374,47	122,00	
ВУ3	3	5	26,51	14,69°		1000	129,00	129,00	0	0	256,26	8,29	35	26,51	35	26,51	37	82,77	37	82,77	1346,23	1217,23	
КТ	5	0	00																				

Циклограмма транспортного потока



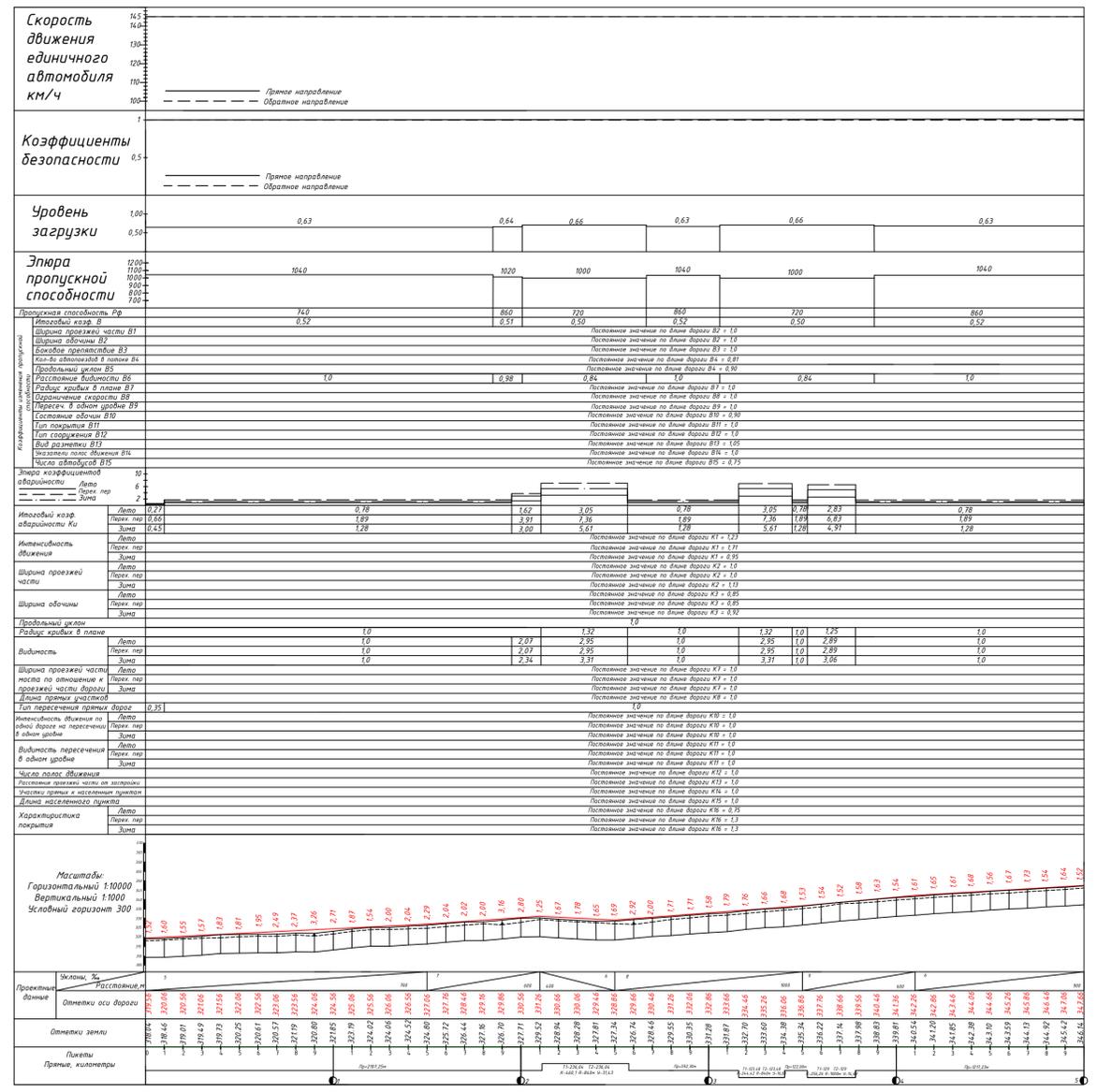
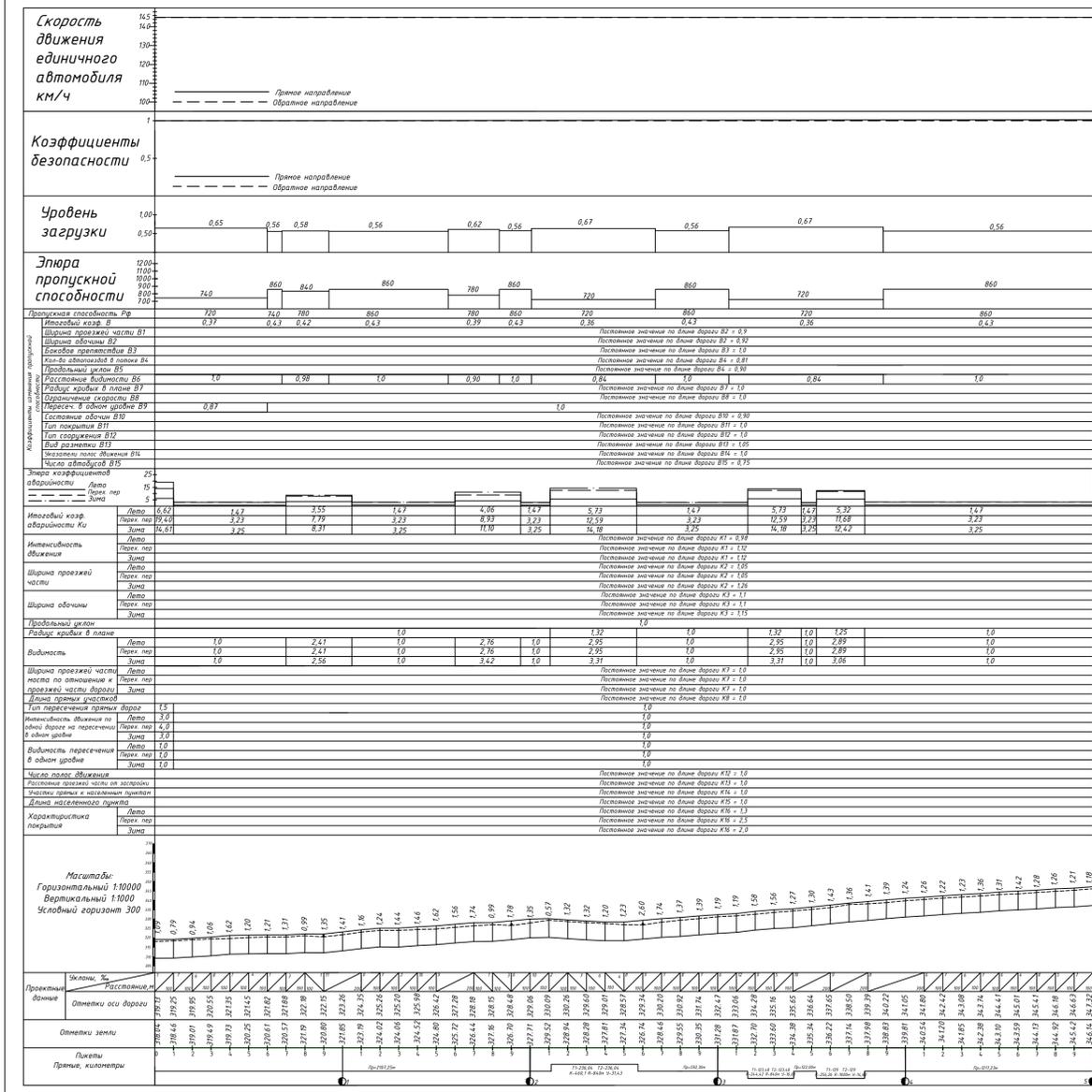
Привязка трассы к ситуационному объекту



				ВКР-08.03.01.15-2020		
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол.	Лист	в.ок.	Подп.	Дата	
Разраб.	Кулепова Д.Д.					
				Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области	Стадия	Лист
					У	1
				Листов	8	
				Руковод	Жуков В.И.	
				Зав.Кафед	Кривотинский В.В.	
				План трассы и схема закрепления		АД и ГС

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK



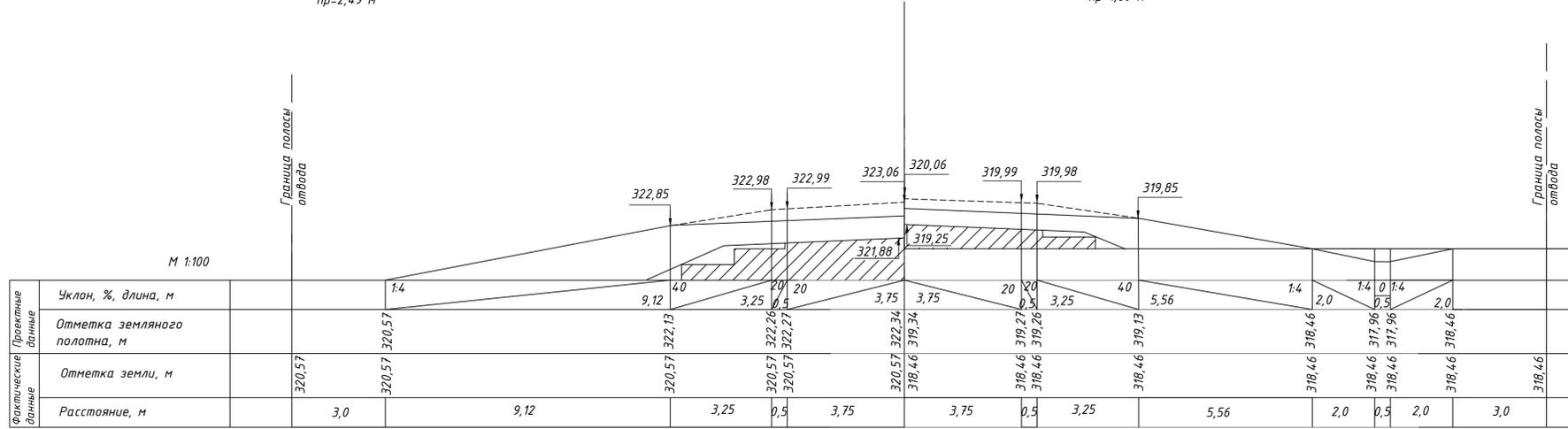
ВКР-08.03.015-2020					
Сибирский федеральный университет					
Инженерно-строительный институт					
Имя	Кол	Лист	Вок	Лист	Вок
Разраб	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области					
Комплексная оценка безопасности на проектируемых дорожных дорогах					
АД и ГС					

Конструкции поперечных профилей земляного полотна

ПК 7+00
Тип 1б. Высота насыпи до 3 м без кюветов
hr=2,49 м

ПК 1+00
Тип 1. Насыпь высотой до 3 м с кюветами
hr=1,60 м

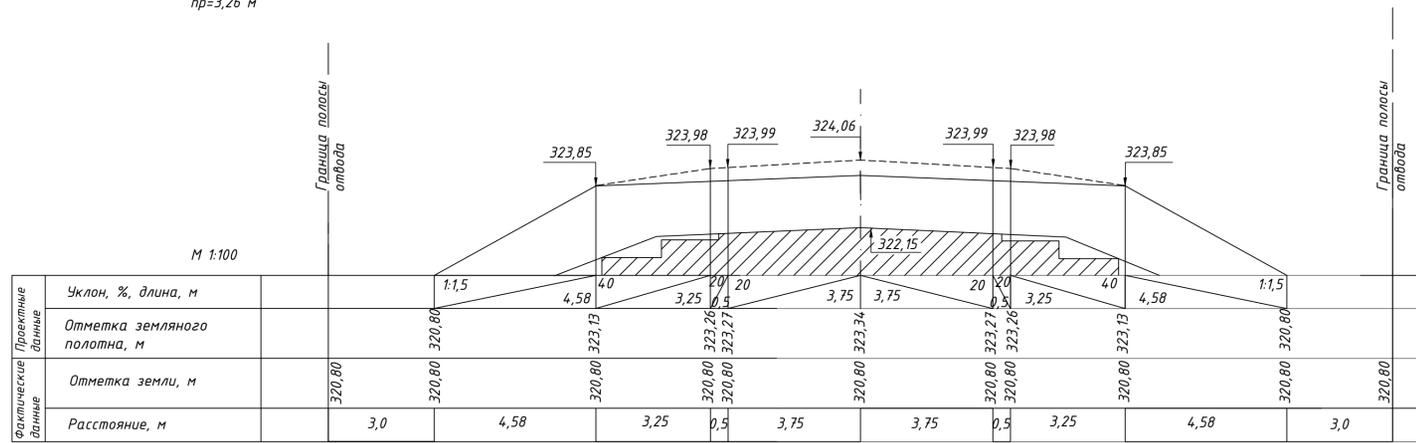
Привязка поперечных профилей



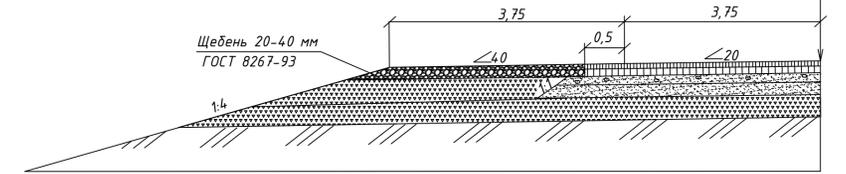
Тип поперечного профиля	Местоположение	Расстояние, м
Тип 1. Насыпь высотой до 3 м с кюветами	ПК 00+00 - ПК 6+20	620
	ПК 10+80 - ПК 13+00	220
	ПК 27+00 - ПК 50+00	2300
Тип 1а. Насыпь высотой до 3 м с кюветом слева	ПК 20+70 - ПК 25+30	460
Тип 1б. Высота насыпи до 3 м без кюветов	ПК 6+20 - ПК 8+73	253
	ПК 9+37 - ПК 10+80	143
	ПК 13+00 - ПК 18+87	587
	ПК 19+52 - ПК 20+70	118
	ПК 25+30 - ПК 27+00	170
Тип 2. Высота насыпи от 3 до 6 м	ПК 8+73 - ПК 9+37	64
	ПК 18+87 - ПК 19+52	65

ПК 9+00
Тип 2. Высота насыпи от 3 до 6 м
hr=3,26 м

Конструкция дорожной одежды, вариант 1 М1:50



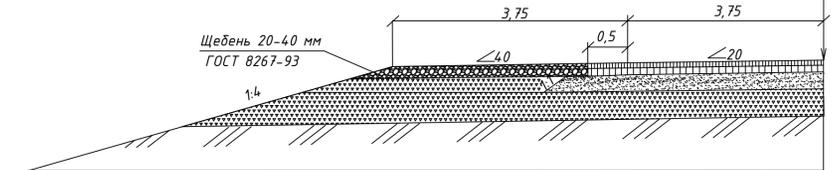
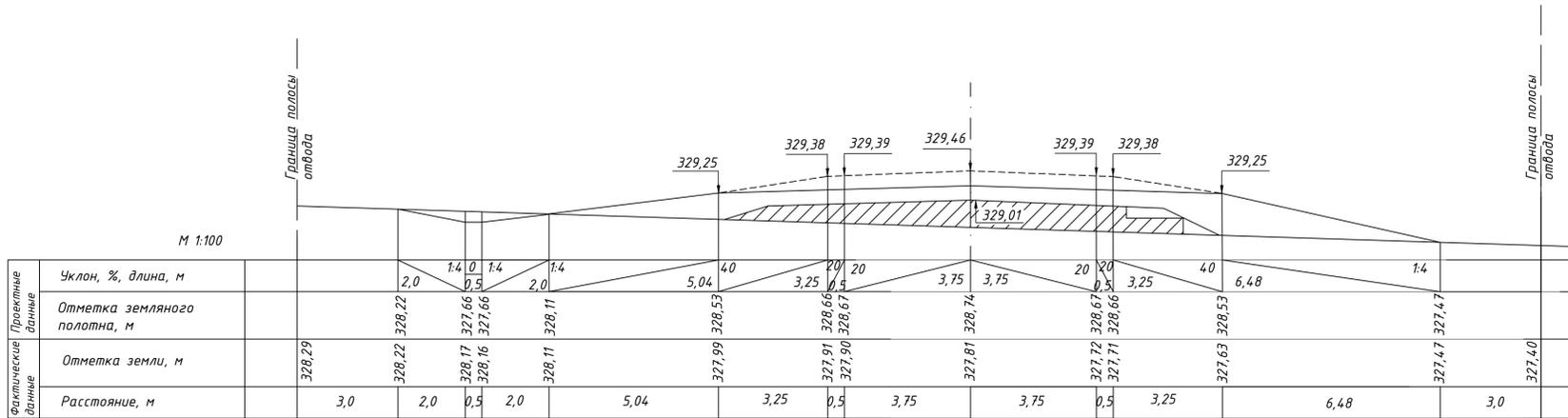
- А/б горячей укладки высокоплотный, марка битума БНД 90/130 - 0,06
- А/б горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 - 0,08
- Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, марка битума БНД-90/130 - 0,12
- ЩГПС, обработанная цементом М20 - 0,22
- Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%- 0,38
- Подстилающий грунт земляного полотна - супесь лёгкая



Конструкция дорожной одежды, вариант 2 М1:50

ПК 24+00
Тип 1а. Насыпь высотой до 3 м с кюветом слева
hr=1,65 м

- А/б горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка I, БНД 90/130 - 0,07
- А/б горячей укладки пористый II марки, БНД-90/130 - 0,10
- ЩГПС, обработанная цементом М20 - 0,24
- ПГС №РС1 (80 мм) - 0,31
- Подстилающий грунт земляного полотна - супесь лёгкая



ВКР-08.03.01.15-2020					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	вск.	Подп.	Дата
Разраб.	Куликова Д.Д.				
Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области			Стадия	Лист	Листов
			уч	4	8
Руководителем Зав. Кафедрой			Хижин В.И. Иркутский В.В.	Типовые поперечные профили, конструкция дорожной одежды	
			АД и ГС		

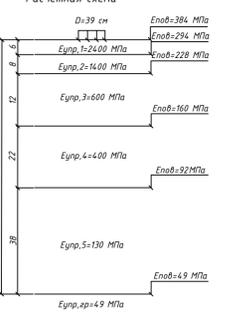
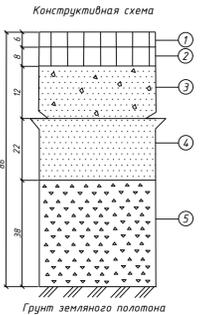
Исходные данные

Название объекта	-		
Район проектирования	Иркутская область		
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозостойчивость		
Техническая категория дороги	II категория	Дорожно-климатическая зона	I ₃
Тип дорожной одежды	Капитальный	Схема увлажнения	Схема 1
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Номер расчётной полосы от обочины	1	Суммарное число приложенной нагрузки	1711926
Уклоны в местах перелома профиля, %	-	Расчётное количество дней в году Т _{ред}	130
Расчётная влажность грунта W _p	0,7 (Iвар.); 0,6 (IIвар.)	Расчётный срок службы T _{сл} , лет	15
Нагрузка, кН/Давление, МПа/ D штампа, см	115/0,80/39		
Заданная надёжность, Кн	0,95	Глубина промерзания грунтов, м	2,7

Технико-экономическое сравнение вариантов конструкции дорожной одежды

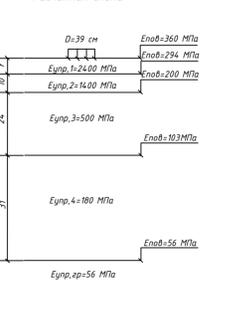
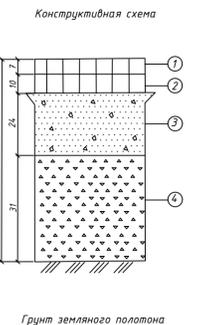
Наименование материала	Измеритель	Стоимость, руб.	Расход материалов на 5 км			
			1 вариант		2 вариант	
			Количество	Стоимость, руб.	Количество	Стоимость, руб.
А/Б горячей укладки высокопластичный, марка битума БНД-90/130	1000 м ² при h _{ср} =4 см	57926,44	42500 м ² при h _{ср} =6 см	3692810,55	-	-
А/Б горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси, марка битума БНД-90/130	1000 м ² при h _{ср} =4 см	53645,25	42500 м ² при h _{ср} =8 см	4559846,25	-	-
Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, БНД-90/130	1000 м ² при h _{ср} =6 см	29686,63	42500 м ² при h _{ср} =12 см	2523363,55	-	-
ЩГПС, обработанная цементом М20	1000 м ² при h _{ср} =12 см	4301,10	42500 м ² при h _{ср} =22 см	335127,38	42500 м ² при h _{ср} =24 см	365593,50
Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%	1000 м ² при h _{ср} =12 см	2861,84	42500 м ² при h _{ср} =38 см	385155,97	-	-
А/Б горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка I, БНД-90/130	1000 м ² при h _{ср} =4 см	55075,95	-	-	42500 м ² при h _{ср} =7 см	4096273,78
А/Б горячей укладки пористый II марки, БНД-90/130	1000 м ² при h _{ср} =4 см	52779,38	-	-	42500 м ² при h _{ср} =10 см	5607809,12
ПГС №С-1 (80 мм)	1000 м ² при h _{ср} =12 см	3204,26	-	-	42500 м ² при h _{ср} =31 см	351801,05
Итоговая стоимость:	-	-	-	11 496 303,70	-	10 421 477,4

№ в-та	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Морозостойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
Вариант №1	1. Конструктивный слой №1 - А/Б горячей укладки высокопластичный, марка битума 90/130		E _{упр} =2400	E _{сдв} =1200	E _{изг} =4600	E _{поб} =384 K _{тр} =1,200 K _{расч} =1,260 Запас=5%	
	2. Конструктивный слой №2 - А/Б горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130		E _{упр} =1400	E _{сдв} =800	E _{изг} =2200	E _{поб} =294	
	3. Конструктивный слой №3 - Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, марка битума БНД-90/130		E _{упр} =600	E _{сдв} =600	E _{изг} =600	K _{тр} =1,000 K _{расч} =1,030 Запас=3%	E _{поб} =228
	4. Конструктивный слой №4 - ЩГПС, обработанная цементом М20		E _{упр} =400	E _{сдв} =400	E _{изг} =400		E _{поб} =160
	5. Конструктивный слой №5 - Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%		E _{упр} =130	E _{сдв} =130	E _{изг} =130		E _{поб} =92
	Грунт земляного полотна - Суэлинок лёгкий		E _{упр} =49	E _{сдв} =49	E _{изг} =49	E _{поб} =49	L _{доп} =4 см L _{луч} =3 см Запас=1 см



- А/Б горячей укладки высокопластичный, марка битума 90/130
- А/Б горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130
- Чёрный щебень в заклинку фр.40-70, марка битума БНД-90/130
- ЩГПС, обработанная цементом М20
- Песок крупный с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

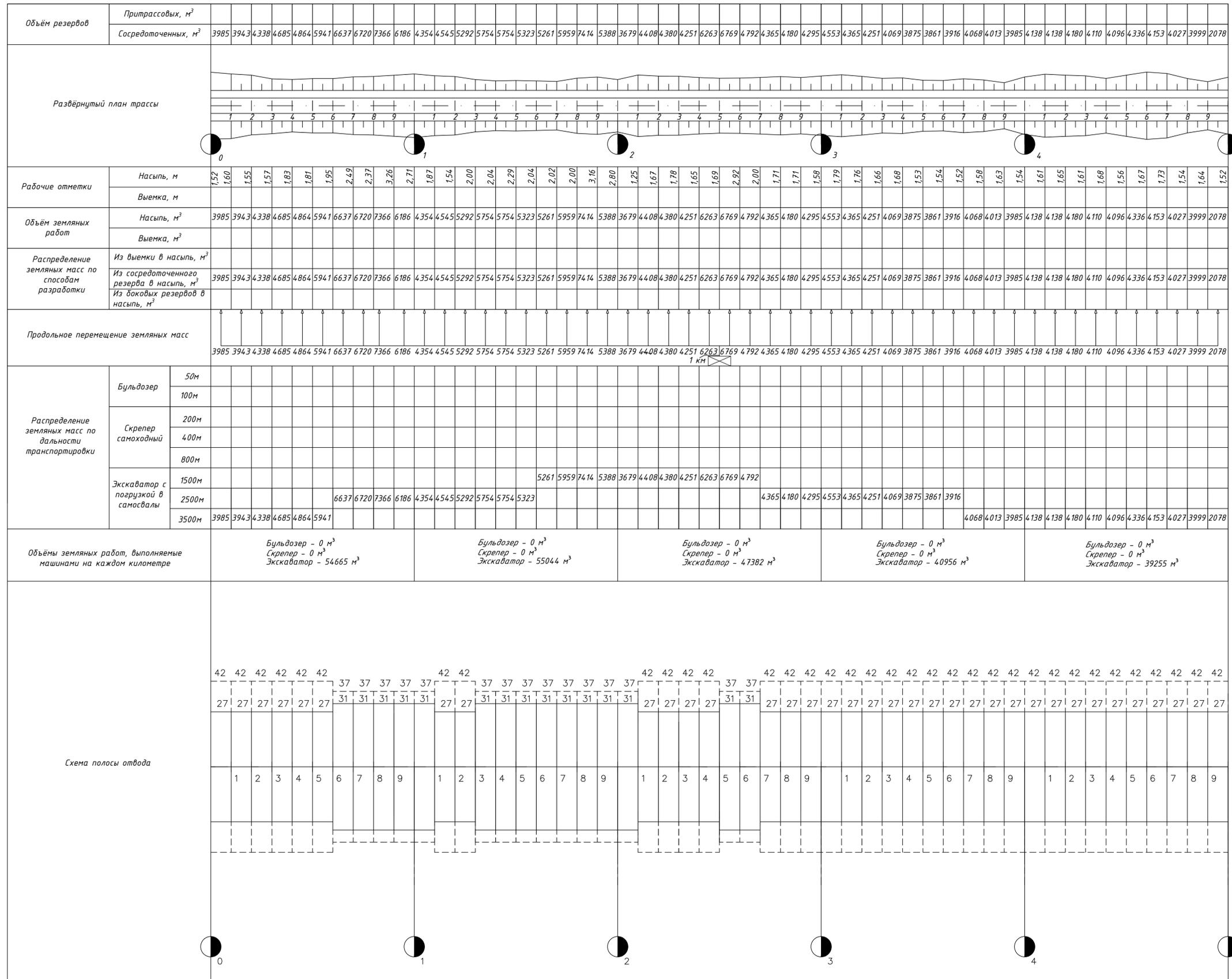
№ в-та	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Морозостойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
Вариант №2	1. Конструктивный слой №1 - А/Б горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка, БНД-90/130		E _{упр} =2400	E _{сдв} =1200	E _{изг} =3600	E _{поб} =360 K _{тр} =1,200 K _{расч} =1,230 Запас=3%	
	2. Конструктивный слой №2 - А/Б горячей укладки пористый II марки, БНД-90/130		E _{упр} =1400	E _{сдв} =800	E _{изг} =2200	E _{поб} =294	
	3. Конструктивный слой №3 - ЩГПС, обработанная цементом М20		E _{упр} =500	E _{сдв} =500	E _{изг} =500	K _{тр} =1,000 K _{расч} =1,010 Запас=1%	E _{поб} =200
	5. Конструктивный слой №5 - ПГС №С-1 (80 мм)		E _{упр} =180	E _{сдв} =180	E _{изг} =180		E _{поб} =103
	Грунт земляного полотна - Суэлинок лёгкий		E _{упр} =56	E _{сдв} =56	E _{изг} =56	E _{поб} =56	L _{доп} =4 см L _{луч} =3 см Запас=1 см



- А/Б горячей укладки плотный мелкозернистый, тип А марка I, БНД-90/130
- А/Б горячей укладки пористый II марки, БНД-90/130
- ЩГПС, обработанная цементом М20
- ПГС №С-1 (80 мм)

ВКР-08.03.01.15-2020					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	вск.	Подп.	Дата
Разраб.	Кулашова Д.Д.				
Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области			Стадия	Лист	Листов
			уч	5	8
Расчёт дорожной одежды капитального типа для II категории			АД и ГС		
Руковод. Зав. Кафедр.	Жуков В.И.				

График распределения земляных масс и схема полосы отвода

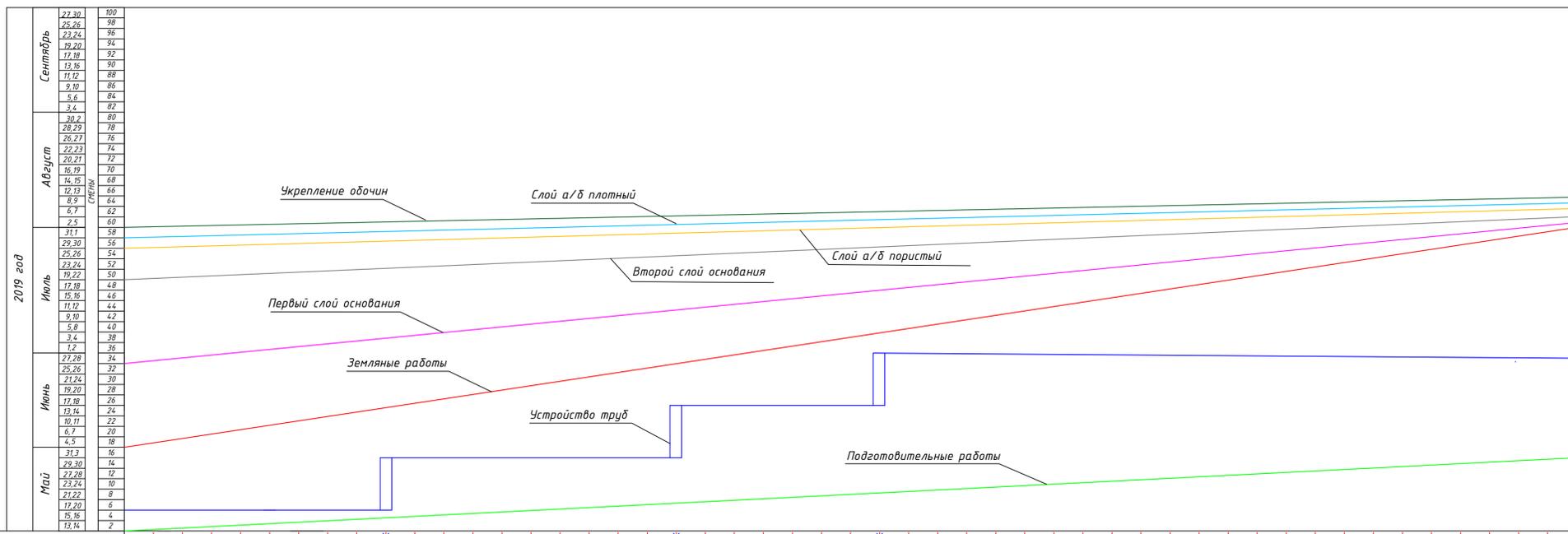


ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВКР-08.03.01.15-2020			
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист вкл.	Подп. Дата
Разраб.	Кулепова Д.Д.		
Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области		Стадия	Лист
		У	6
Руковод		Хижин В.И.	
Зав.Кафед		Кривотинский В.В.	
График распределения земляных масс и схема полосы отвода		АД и ГС	

Линейный календарный график



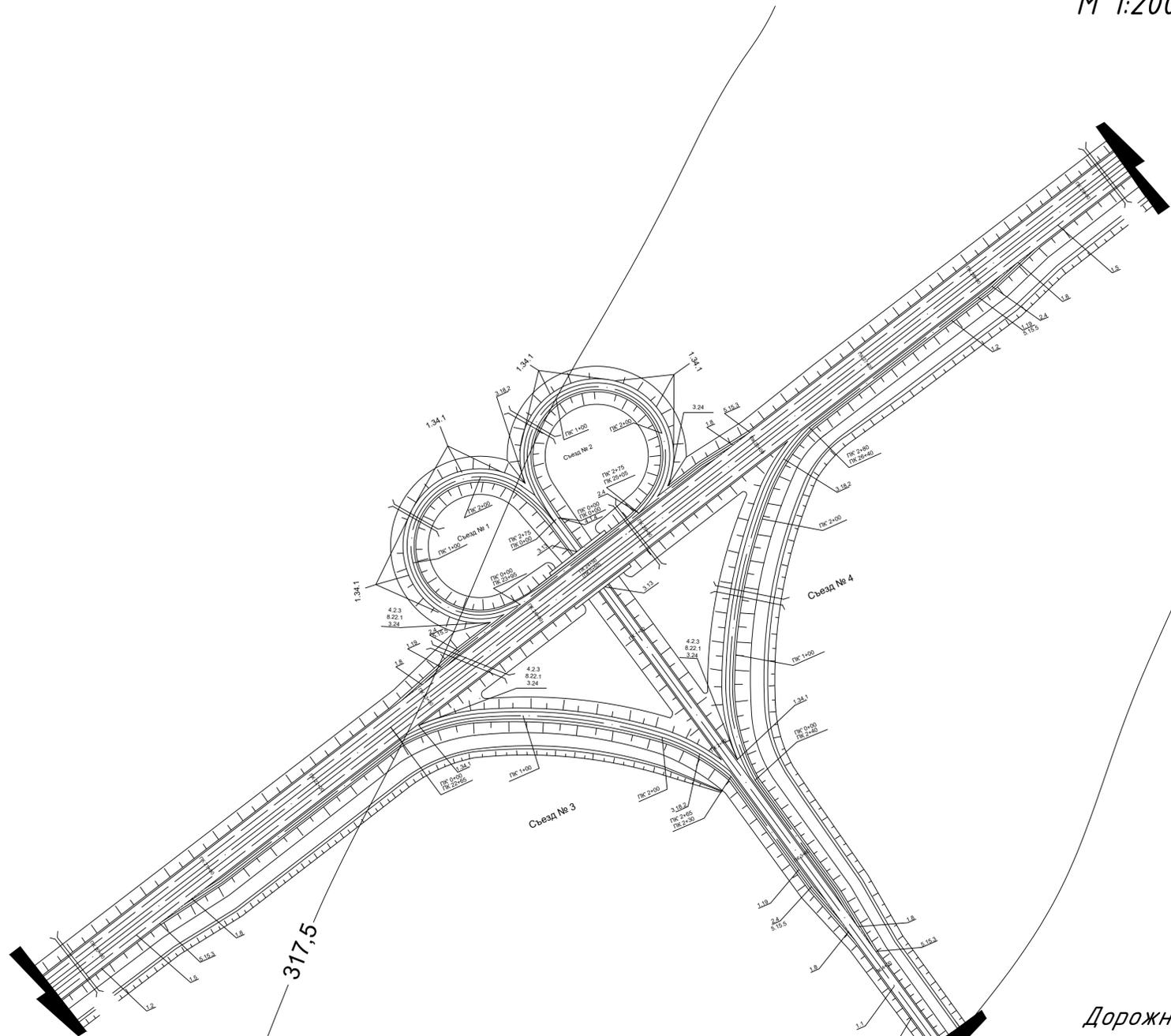
Схематический план трассы		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9																				
Километры	Объём работ											V=60750 м³										
Подготовительные работы, ДЗ-98	Кол-во смен работы отряда											Ксм=12										
Устройство искусственных сооружений	Характеристика	d=1,5м L=25,5м			d=1,5м L=25,5м			d=1,5м L=25,5м														
	Кол-во смен работы отряда	Ксм=10			Ксм=10			Ксм=10														
Земляные работы	Объём работ											V=237302 м³										
	Кол-во смен работы отряда											Ксм=42										
Устройство дорожной одежды	Устройство слоя основания из ЛПС МС-1, ДЗ-98	Объём работ											V=23250 м³									
	Кол-во смен работы отряда	Кол-во смен работы отряда											Ксм=28									
	Устройство слоя стабилизирующего, обработанной цементан М20, ДЗ-98	Объём работ											V=10800 м³									
	Кол-во смен работы отряда	Кол-во смен работы отряда											Ксм=12									
	Устройство а/б слоя пористого, укладчик ДС-4В	Объём работ											V=4250 м³									
	Кол-во смен работы отряда	Кол-во смен работы отряда											Ксм=8									
	Устройство а/б слоя плотного, укладчик ДС-4В	Объём работ											V=2975 м³									
Кол-во смен работы отряда	Кол-во смен работы отряда											Ксм=6										
Укрепление обочины шебнем, ДЗ-98	Объём работ											V=5525 м³										
	Кол-во смен работы отряда											Ксм=6										
Обустройство	Объём работ											V=										
	Кол-во смен работы отряда											Ксм=										

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

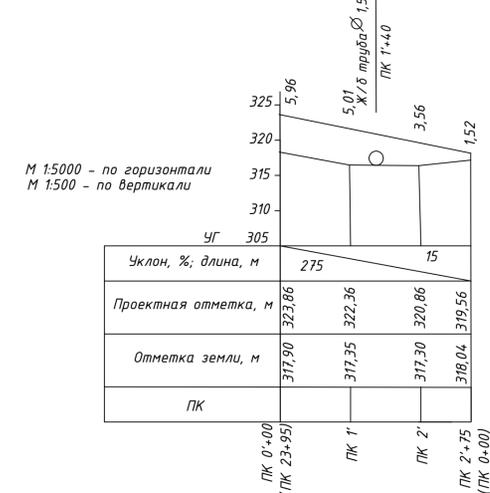
				ВКР-08.03.01.15-2020					
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	вок.	Подп.	Дата	Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Кулепова Д.Д.						у	7	8
Руковод	Жуков В.И.					Линейно-календарный график	АД и ГС		
Зав.Кафед	Кривотинский В.В.								

Транспортная развязка листовидного типа примыкания М 1:2000

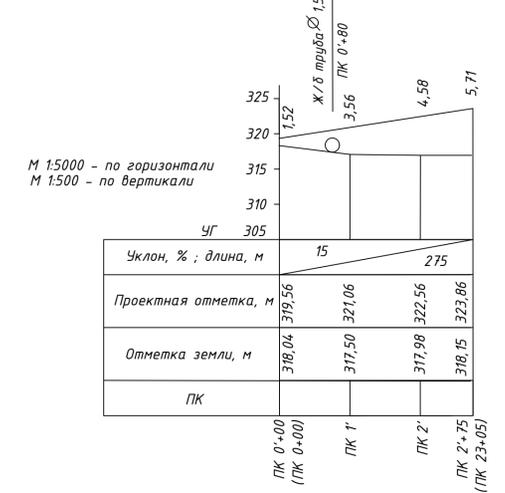


Продольные профили левоповоротных съездов

Съезд № 1

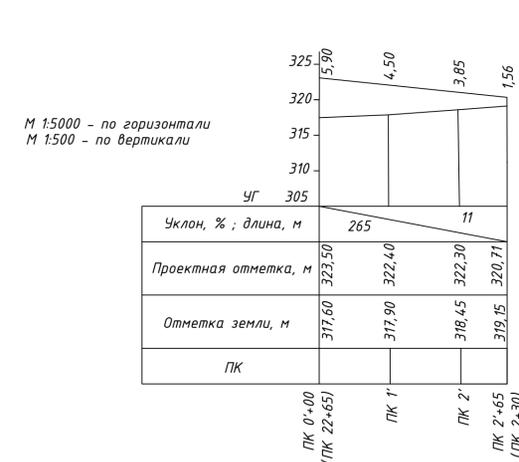


Съезд № 2

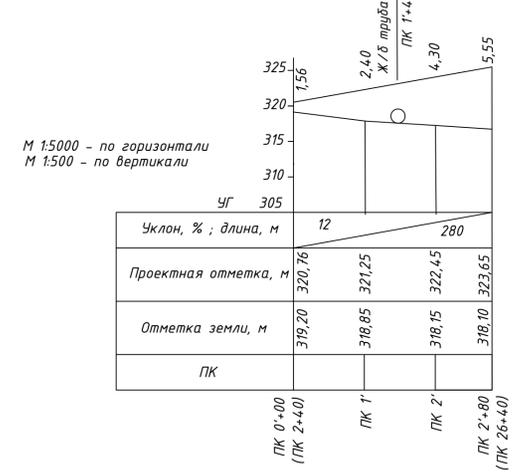


Продольные профили правоповоротных съездов

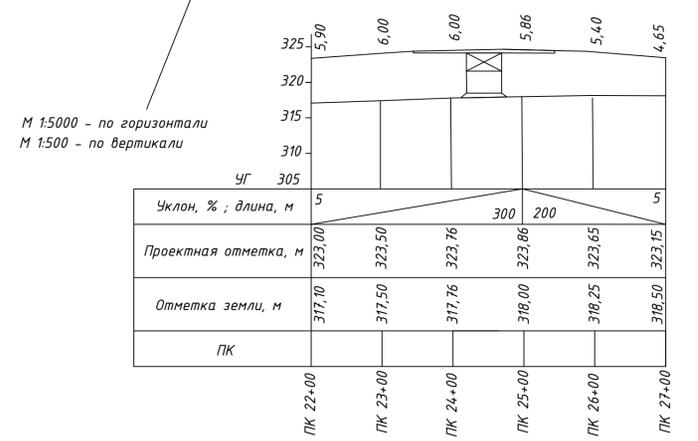
Съезд № 3



Съезд № 4



Продольный профиль автомобильной дороги IV



Дорожные знаки по ГОСТ Р 52289-2004

Номер знака	Изображение знака	Название	Количество
2.4		"Уступи дорогу"	3
3.18.2		"Поворот налево запрещён"	3
5.15.3		"Начало полосы"	3
5.15.5		"Конец полосы"	3
3.13		"Ограничение по высоте"	2
1.34.1		"Направление поворота"	14
3.24		"Ограничение максимальной скорости"	4
4.2.3		"Объезд препятствия справа или слева"	3
8.22.1		"Препятствие"	3

Экспликация дорожной разметки

Номер разметки	Изображение разметки	Назначение дорожной разметки
1.1		Служит для разделения транспортных потоков противоположных направлений и обозначает границы движения в опасных местах;
1.2		Обозначает край проезжей части;
1.5		Служит для разделения транспортных потоков противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы. Обозначает границы движения;
1.8		Обозначает границу между переходной-скоростной полосой и основной полосой проезжей части;
1.19		Предупреждает о приближении к сужению проезжей части;

ВКР-08.03.01.15-2020			
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист	Вок.
Разраб.	Кулевова Д.Д.	Подп.	Дата
Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области		Стадия	Лист
		ч	8
Руководит		Листов	
Зав.Кафед		8	
Деталь: транспортная развязка			АД и ГС

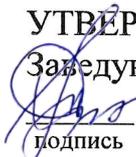
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.В. Серватинский

подпись

« 23 » июня 2020 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Реконструкция участка а/д III категории в Иркутской области

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.15 «Автомобильные дороги»

Руководитель


подпись, дата

20.06.20

профессор, к.т.н.
должность, учёная степень

В.И. Жуков

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

20.06.2020

Д.Д. Кулешова

инициалы, фамилия

Красноярск 2020 г.