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 инициалы ,фамилия
«___» _____ 20___г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги»

"Проект реконструкции участка автомобильной дороги "Подъезд к Терехте" Ужурский район"

Руководитель _____ _____ В.Ю. Журавлев
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.Н. Морозов
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Содержание

1 Природные условия района проектирования 5

1.1 Климат 5
1.2 Рельеф 8
1.3 Растительность и почвы 8
1.4 Инженерно-геологические условия 9
1.5 Гидрологические условия 10
1.6 Заключение о природных условиях 10
2 Обоснование технических нормативов дороги 10

2.1 Определение категории дороги и расчётной скорости движения автомобилей 10
2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги 14
3. Анализ существующей автомобильной дороги 17

3.1 План существующей дороги 17
3.2 Продольный профиль существующей дороги 18
3.3 Поперечные профили существующей дороги 18
3.4 Система водоотвода 19
4 Автоматизированное перепроектирование продольного профиля дороги методом тангенсов 19

4.1 Общие сведения 19
4.2 Руководящие отметки для проектной линии продольного профиля 20
4.2.1 Руководящая отметка для первого типа местности. 20
4.2.2 Руководящая отметка для второго типа местности. 22
4.2.3 Руководящая отметка для третьего типа местности. 24
4.3 Назначение контрольных отметок 25
4.3.1 Создание дополнительных створов для контрольных точек. 25
4.3.2 Контрольные точки проектной линии в начале и конце трассы. 26
4.3.3 Контрольная точка проектной линии над трубой. 26
4.4 Поперечные профили 27
5 Проектирование водопропускной трубы 28

5.1 Определение расчётного максимального расхода воды для малых искусственных сооружений 28

5.1.1 Выбор места расположения проектируемой трубы 28
5.1.2 Задание вероятности превышения расчётного максимального расхода воды 29
5.1.4 Определение максимального расхода ливневых вод 29
5.1.5 Определение максимального расхода талых вод 30
5.1.6 Назначение расчетного максимального расхода воды 32
5.2 Расчёт отверстия трубы 32
5.3 Назначение технических параметров трубы 37
5.3.1 Расчёт длины трубы 37
5.3.2 Проектирование укреплений за трубой 39
6 Расчёт конструкции дорожной одежды. 40
6.1 Общие данные 40
6.2 Расчет для первого варианта дорожной одежды : 41
6.3 Расчет для второго варианта дорожной одежды : 43
6.4 Заключение о дорожных одеждах 46
7.0 Охрана труда 46
7.1 Общие положения 46
7.2 Организация производственных площадей, участков работ и рабочих мест. 47
7.3 Эксплуатация строительных машин, транспортных средств, производственного оборудования, средств механизации, приспособлений, оснастки, ручных машин и инструмента 49
8 Определение производительности строительной техники и расчет сменных объёмов работ 51
8.1 Определение объёмов земляных работ 51
8.2 Определение производительности машин и длин захваток 53
Заключение 57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 58
ПРИЛОЖЕНИЕ - А 54
ПРИЛОЖЕНИЕ - Б 56
ПРИЛОЖЕНИЕ - В 57

Введение

Подъезд к поселку Терехта устарел по своим пропускным способностям из-за увеличения интенсивности на данной автомобильной дороге . В этом месте расположены сельхозугодья местного сельхоза села Солгон, которое в свою очередь поставляет продукцию по всему Красноярскому краю. Из-за большого количества сельхозугодий в сезон проходит большое количество специальной, негабаритной техники, которая в свою очередь может помешать движению автомобилей на данной автомобильной дороге.

Исходя из вышесказанного, было принято решение о переводе автомобильной дороги в дорогу III категории.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Строящийся проект участка автомобильной дороги «Подъезд к Терехте» Красноярского края находится в III дорожно-климатической зоне согласно в СП 34.13330.2012 [1] Автомобильные дроги.

Для данной зоны характерно лесостепная география со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы. Характеризуется таежными и смешанными лесами и почвами подзолистого типа.

Данные необходимые для расчетов и строительства дороги приведены в таблице 1 согласно с метеорологической станцией в городе Ужур.

Таблица 1.1 – Ведомость климатических показателей

Показатель		Величина
Абсолютная температура воздуха, °С	минимальная	-54
	максимальная	36
Средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки вероятностью превышения, °С	0,98	-39
	0,92	-38
Преобладающее направление ветра за	Декабрь – февраль	ЮВ
	Июнь – август	Ю
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С	наиболее холодного месяца	-19,5
	наиболее теплого месяца	17,2
Средняя месячная относительная влажность воздуха, %	наиболее холодного месяца	78,6
	наиболее теплого месяца	42,3
Количество осадков за, мм	ноябрь – март	55
	апрель – октябрь	51,4
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с		6,6
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с		5,8
Суточный максимум осадков, мм		72
Глубина промерзания, м		2,5
Высота снегового покрова обеспеченностью 5%, м		0,52
Средняя годовая скорость ветра, м/с		3,6
Средняя годовая относительная влажность воздуха,%		72
Среднее число дней с относительной влажностью воздуха 80% и более		67
Сумма атмосферных осадков за год, мм		403
Максимальное суточное количество осадков, мм		56
Средняя дата образования устойчивого снежного покрова		4.XI
Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова		3.IV
Число дней в году с устойчивым снежным покровом		163
Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму, см		20

Окончание таблицы 1.1

Среднее годовое число дней с туманом		17
Средняя годовая продолжительность туманов, часы		130
Среднее за год число дней с метелью		18
Среднее за год число дней с поземкой		8
Средняя годовая продолжительность метелей, часы		164
Среднее за год число дней с гололедом		0,3
Наибольшая скорость ветра, м/с	Возможная 1 раз за год	22
	Возможная 1 раз за 10 лет	28
Число дней с осадками :	Более 0,1 мм	151
	Более 5 мм	20

В таблице 1.2 приведены данные для построения графиков «розы ветров» по средним скоростям, интенсивности для наиболее теплого (июль) и наиболее холодного (январь) месяцев [2] . В таблице 1.3 приведена годовая интенсивность и средняя скорость[17] .

Таблица 1.2 – Повторяемость и скорость ветра за Январь и Июль

Месяц	Январь								Июль							
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	3	0,3	5	26,5	34,9	17	6,6	6,6	20	8	12,2	16,4	11,6	7,5	5,8	18,5
Средняя скорость, м/с	2,9	3	3	3,8	3,9	6,6	6,1	3,1	3,4	2,8	2,6	2,9	2,8	3,6	3,4	3,5

Таблица 1.3 – Повторяемость и скорость ветра, годовая

Месяц	Годовая							
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	9,7	2,6	6,9	21,9	20,4	14,4	10,8	13,3
Средняя скорость, м/с	3,7	2,7	2,9	3,6	3,7	5,6	5,3	4

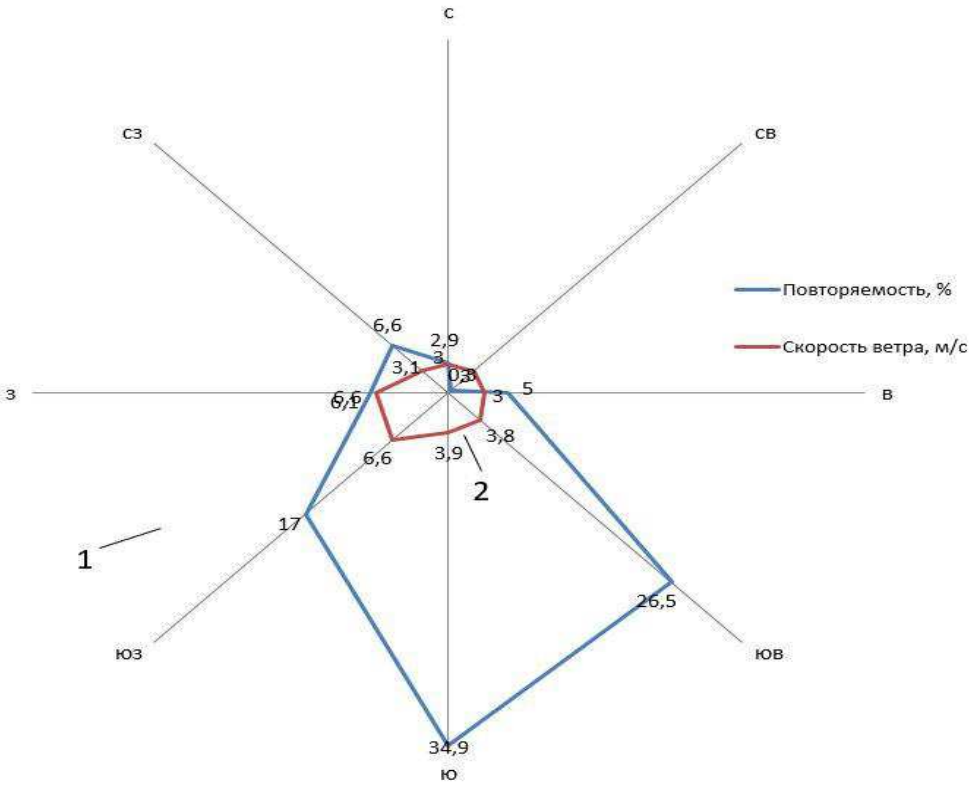


Рисунок 1 - Роза ветров за январь месяц

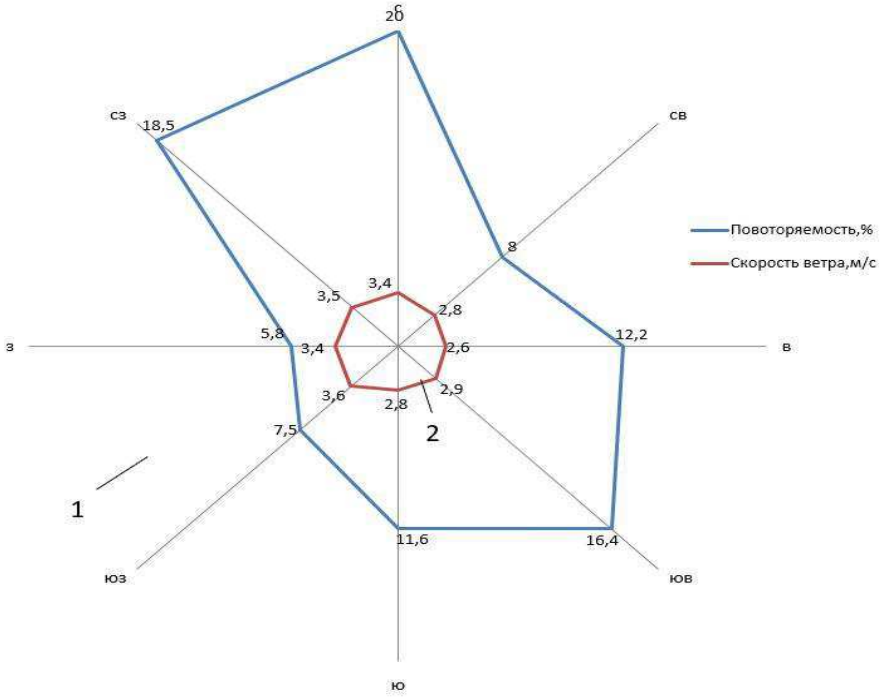


Рисунок 2 - Роза ветров за июль месяц

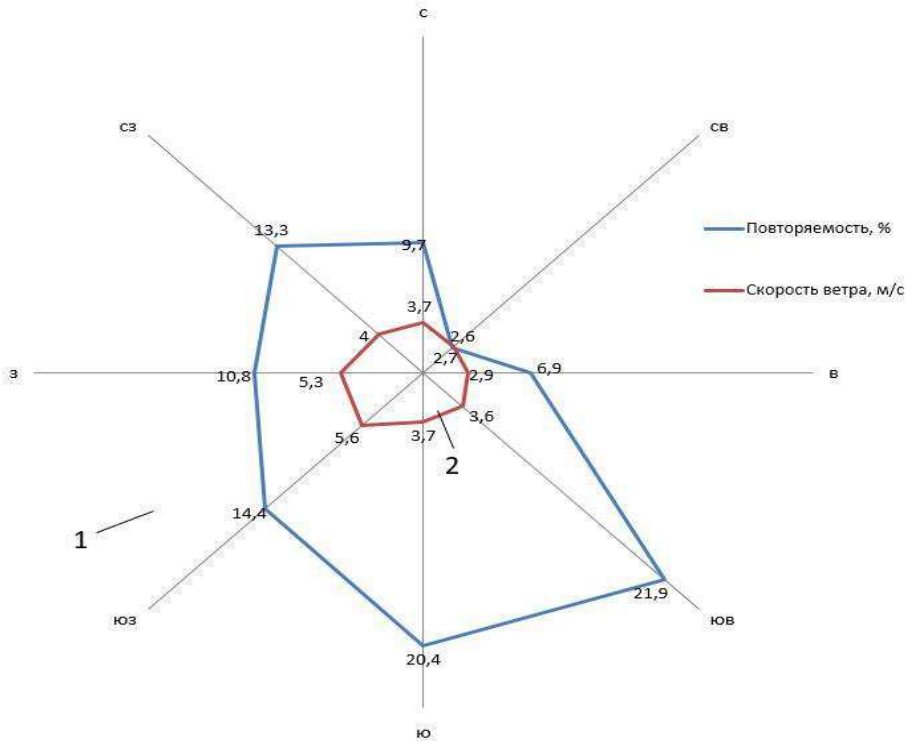


Рисунок 3 – Годовая роза ветров

1.2 Рельеф

Назаровская долина на юге граничит с Салгонским хребтом, на севере с хребтом Арга, на западе и востоке Кузнецкий Алатау и Восточный Саян служат естественными границами. Рельеф бассейна слабо подготовлен и представляет собой плоскую крутую равнину с широкими промежуточными реками и пологими склонами. [5] Преобладающие высоты 317–480м. При приближении к Солгонскому кряжу расчлененность рельефа повышается.

Поверхность впадины плоская, горизонтальная, слабонаклонная на север, незначительно расчлененная речной и балочной сетью.

Гидросеть принадлежит бассейну реки Чулым. Наиболее крупные притоки Чулыма – реки Сереж, Урюп и др. имеют широкие заболоченные долины.

1.3 Растительность и почвы

Район изысканий расположен в зоне Ачинской лесостепи. Почти на всей территории района преобладают кедра, березы, ели, сосны , пихты.

По всей территории района преобладающими почвами являются лугово-степные черноземы, серые лесные почвы и лугово-болотные солонцы.

1.4 Инженерно-геологические условия

В пределах полосы трассы развит комплекс делювиальных четвертичных отложений, юрских образований и техногенных современных отложений.

Делювиальные четвертичные отложения развиты повсеместно и представлены:

- суглинками коричневыми, твердыми, тяжелыми пылеватыми ;

- суглинками твердыми, легкими, дресвяными (содержание крупнообломочного материала 40-45%), глинами коричневыми ;

- суглинками легкими, твердыми и пылеватыми, с составом дресвы до 10% ;

- глинами коричневыми, тугопластичными, легкими пылеватыми ;

- дресвяными грунтами с суглинистым и глинистым твердым заполнителем долею 30-35% .

Юрские отложения, представлены осадочными континентальными осадками, характеризуются слабой степенью литификации и цементации. В верхней части разреза они практически не отличаются по физико-механическим свойствам от четвертичных отложений.

Представлены юрские отложения серовато-зелеными глинами твердыми и полутвердыми, легкими пылеватыми и суглинками твердыми, легкими пылеватыми . Вскрытая мощность юрских отложений составляет 3,0-4,10 м.

На протяжении всего участка трассы под насыпными грунтами вскрываются глины черные, твердые, легкие пылеватые, слабозаторфованные (погребенный чернозем) . Мощность слоя колеблется в пределах от 0,60 до 2,30 м.

Техногенные современные отложения представлены слоями дорожной одежды и земляного полотна.

Дорожная одежда отсыпана щебенистым и дресвяным грунтом с суглинистым заполнителем 15-30% толщиной 0,10-0,30 м.

Зерновой состав дорожной одежды (среднее значение) близок к строительной смеси N1 для покрытий (ГОСТ 25607-2009) (текстовое приложение 23 «Отчет об инженерных изысканиях» ПТР – 300/11 – ИИ).

На протяжении всего участка земляное полотно отсыпано суглинком тяжелым пылеватым, твердым , суглинком легким, с элементами дресны и глиной черной, в состоянии твердом и полутвердом, легкой пылеватой, слабозаторфованной (черноземом) . Высота насыпи колеблется от 0,50 до 2,10 м.

1.5 Гидрологические условия

Грунтовые воды в полосе трассы до глубины 5,00-7,00 м от поверхности насыпи не встречены.

1.6 Заключение о природных условиях

Проанализировав данные о природных условиях, можно прийти к выводу, что рассматриваемый нами район проектирования пригоден для строительства автомобильной дороги по следующим показателям: тип рельефа, климатическим и инженерно-геологическим условиям. Сделаем вывод, что можно приступать к реконструкции дороги.

2 Обоснование технических нормативов дороги

2.1 Определение категории дороги и расчётной скорости движения автомобилей

Всегда категория проектируемой дороги принято устанавливать по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1]. Категорию будущей автомобильной дороги назначают по расчётной интенсивности движения на существующей автомобильной дороги, измеряемой в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (прив.ед./сут). Расчётной

интенсивностью принято принимать перспективную интенсивность движения, при этом обычно перспективный период принято принимать 20 годам. Данные об интенсивности получают с помощью изысканий . За начальный год перспективного периода принято принимать год сдачи проекта либо объекта в полную эксплуатацию. Также бывает, если в районах, где развитие экономики идёт более быстро чем дорожное строительство темпами, тогда расчёт перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости.

При определении категории дороги в самом начале определяем перспективную интенсивность движения в транспортных единицах:

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

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

$$N=720\cdot\left(1 + \frac{6{,}8}{100}\right)^{20} = 2684 \text{ прив. ед/сут}$$

Далее, приводим данный транспортный поток к потоку, состоящему исключительно из легковых автомобилей, с помощью специальных коэффициентов из табл. 2.1 (СП 34.13330.2012 [1], табл. 4.2). Коэффициенты приведения для автопоездов и грузовых автомобилей принято увеличивать в 1,2 раза если встречается пересечённая и горная местности.

Таблица 2.1 - Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Тип транспортного средства	Грузоподъёмность, т	Вместимость автобусов	Коэффициент приведения
Легковые автомобили мотоциклы и микроавтобусы	-		1
Грузовые автомобили	до 2 включительно		1,3
	от 2 до 6		1,4
	от 6 до 8		1,6
	от 8 до 14		1,8
Автопоезда Окончание таблицы 2.1	до 12 включительно		1,8
	от 12 до 20		2,2
	от 20 до 30		2,7
	свыше 30		3,2
Автобусы		малая	1,4
		средняя	2,5
		большая	3,0
Автобусы сочленённые и троллейбусы			4,6

Рассчитаем исходную интенсивность и занесём данные в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Расчёт интенсивности движения

m	Вид транспортного средства	% в потоке	N_m, авт./сут	$К_m$	$N_m \cdot K_m$, прив.ед/сут
1	Легковые	55	1476	1	1476
2	Грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	4	107	1,3	139
3	от 2 до 6 т	15	403	1,4	564
4	от 6 до 8 т	15	403	1,6	564
5	от 8 до 14 т	11	295	1,8	531
Итого:		**100**	**2684**	**-**	**3274**

Таблица 2.3 – Классификация автомобильных дорог по интенсивности движения

Класс дороги	Категория дороги	Расчётная интесивность движения, прив.ед/сут
Автомагистраль	IA	Свыше 14000
Скоростная дорога	IБ	
Дорога обычного типа	IB	
	II	Свыше 6000 для федеральных дорог От 6000 до 14000 для других дорог
	III	Свыше 2000 до 6000
	IV	Свыше 200 до 2000
	V	До 200

Исходя из табл. 2.3 (СП 34.13330.2012 [1], табл. 4.1), по значению $N_{\text{расч}}$ принимаем III категорию дороги.

2.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

На следующем этапе необходимо заполнить таблицу «Основные технические показатели автомобильной дороги». Данные берём из СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [14]. В таблицу заносим вычисленную расчётную перспективную интенсивность движения и категорию дороги. Расчётную скорость движения автомобилей по данной автомобильной дороги принимают исходя из зависимости, установленной категории дороги и рельефа местности по табл. 5.1 СП 34.13330.2012 [1].

Заносим в таблицу также расчётную скорость движения для всех трудных участков на трассе. К трудным участкам пересечённой местности принято относить рельеф, который прорезан часто чередующимися глубокими долинами с разницей отметок долины и водоразделов более 0,05 км на расстоянии не свыше 0,5 км с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами.

Показатели 6 – 12 назначают по таблице 5.12 СП 34.13330.2012 [1]. Показатель 13 (поперечные уклоны проезжей части) назначаем по табл. 5.16 СП 34.13330.2012 [1] в зависимости от категории дороги и дорожно-климатической зоны. Проезжую часть принято предусматривать с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках трассы и на кривых в плане радиусом 2000 м и более для принятой нами III категории дороги. Показатель 14 (поперечные уклоны обочин) принимаем согласно п. 5.32 СП 34.13330.2012 [1].

Показатели 15 – 20 (наименьшие радиусы кривых в плане , для нашей категории автомобильной дороги, продольном профиле и наибольший продольный уклон) принимаем 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,

задаём по значению расчётной скорости движения для трудных участков из табл. 5.3 СП 34.13330.2012 [1]. Расчётные расстояния видимости в продольном профиле (показатель 21) также принимаем по табл. 5.9 СП 34.13330.2012 [1].

Таблица 2.4 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Величина показателя
1 Категория дороги	III
2 Перспективная интенсивность движения, авт./сут	2684
3 Расчётная интенсивность движения, прив.ед./сут	3274
4 Расчётная скорость движения, км/ч	100
5 Расчётная скорость движения на трудных участках, км/ч	80
6 Число полос движения, шт	2
7 Ширина полосы движения, м	3,5
8 Ширина проезжей части, м	7
9 Ширина обочин, м	2,5
10 Ширина краевой полосы, м	0,5
11 Ширина укрепленной части обочины, м	1,5
12 Ширина земляного полотна без ограждений, м	12
13 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии), ‰	20
14 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы, ‰	40
15 Наименьшие радиусы кривых в плане, м	600
16 Наибольший продольный уклон, ‰	50
17 Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках, ‰	60

Окончание таблицы 2.4

18 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле, м	10000
19 Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках), м	5000
20 Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля, м	3000
21 Расчётные расстояния видимости в продольном профиле, м: для остановки для встречного автомобиля при обгоне	 200 350 700

Элементы поперечного профиля дороги показаны на рисунке 4.

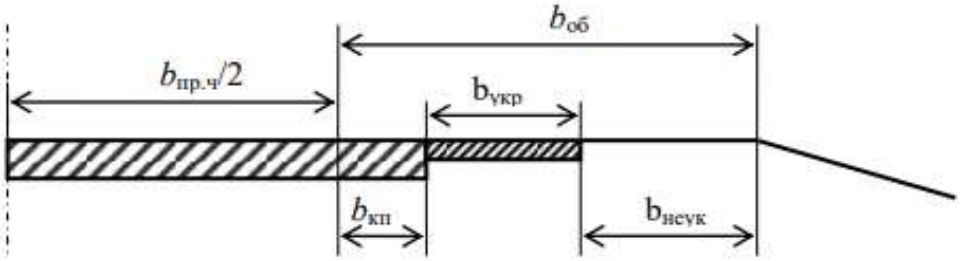


Рисунок 4 - Основные элементы поперечного профиля дороги

Рассмотрим следующие основные элементы поперечного профиля [4]:

- проезжая часть ($b_{пр.ч}$) – самый основной элемент автомобильной дороги, предназначенный для непосредственного движения транспортных средств;

- обочина ($b_{об}$) – полоса поверхности дороги, используемая для временной остановки, стоянки автомобилей;

- краевая полоса ($b_{кп}$) – часть обочины, нужная для защиты от разрушения кромки проезжей части и допускающая регулярные заезды не неё транспортных средств (обязательно должна иметь дорожную одежду такой же прочности, что и сама проезжая часть);

- укрепленная часть обочины ($b_{укр}$) – часть обочины, имеющая покрытие из каменного материала, которое обработано вяжущим;

- грунтовая часть обочины ($b_{неукр}$) – часть обочины, не имеющая дорожной одежды.

3. Анализ существующей автомобильной дороги

Данный участок автомобильной дороги относится к дорогам общего пользования.

Протяженность всего участка трассы 5,136 км.

Относительные отметки на участке трассы колеблются от 317,21 м до 345, 92 м .

Данная автомобильная дорога устроена в насыпи, высота которой находится в пределах от 0,32 м до 4, 23 м.

Само состояние земляного полотна неудовлетворительное, по всей длине наблюдаются деформации самой проезжей части, а также деформации обочин, застой воды в существующих трубах.

3.1 План существующей дороги

В соответствии с данными об данной автомобильной дороги, она отнесена к дорогам IV категории. Основные технические нормативы приняты по СП 34.13330.2012.

Протяженность реконструируемого участка автодороги составляет 5,136 км.

Основные технические показатели плана трассы дороги приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1- Технические характеристики плана существующей дороги

Наименование показателей	Показатель
Протяженность трассы, км	5,136
Количество углов поворота	2
Минимальный угол поворота, °	17
Минимальный радиус кривой в плане, м	600

3.2 Продольный профиль существующей дороги

Продольный профиль запроектирован по СП 34.13330.2012, для дороги IV категории, с учетом общей толщены дорожной одежды и площади занимаемых земель.

Уменьшать продольный уклон нельзя, ведь это приведет к значительному увеличению объёмов земляных работ.

Основные технические показатели продольного профиля дороги приведены в таблице 3.2.

Наименование показателей	Показатель
Протяженность трассы, км	5,136
Продольный уклон на подьем, ‰	8
Минимальный радиус выпуклой кривой, м	5000
Минимальный радиус вогнутой кривой, м	2000

3.3 Поперечные профили существующей дороги

Заложение откосов насыпей принято 1:3 при высоте насыпи до 2 м для обеспечения безопасных условий движения ; при высоте насыпи от 2 м до 6 м – 1: 1:1,5.

Поперечный профиль автомобильной дороги находится в удовлетворительном состоянии.

Параметры конструкции:

- ширина проезжей части (6,0 м);

- ширина обочин (2,0 м);

- уклон проезжей части (20 ‰);

- уклон обочин (40 ‰).

Параметры конструкции не соответствуют III категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012.

3.4 Система водоотвода

Продольный водоотвод осуществляется с помощью продольных канав.

Поверхностный водоотвод обеспечивается за счет выпуклого очертания поверхности дороги.

Поперечный водоотвод осуществляется с помощью искусственных сооружений. Они представлены в виде круглых железобетонных труб. На всем протяжении автомобильной дороги постоянных водотоков нет.

На всей трассе 2 существующие и действующие железобетонные трубы.

Пикетажное положение железобетонных труб :

ПК 9+22 –железобетонная труба, диаметр 2,0 м;

ПК 24+60 –железобетонная труба, диаметр 2,0 м.

Трубы находятся в удовлетворительном состоянии. Требуется их удлинение из-за изменения параметров продольного профиля и увеличение х пропускной способности.

4 Автоматизированное перепроектирование продольного профиля дороги методом тангенсов

4.1 Общие сведения

Проектирование продольного профиля предусматривает следующие этапы [5]:

- установление и подготовка исходных данных;

- нанесение линии поверхности земли по оси дороги и проектной линии в соответствии с основными требованиями к ней;

- расчёт элементов проектной линии с определением проектных и рабочих отметок; - описание проектной линии;

- оформление продольного профиля.

Продольным профилем автомобильной дороги называют развёрнутую в плоскости чертежа проекцию оси дороги на вертикальную плоскость. На продольном профиле вычерчивают линию земли по оси дороги (чёрную линию) и проектную линию (красную линию) – линию, с высотными отметками по оси проезжей части автомобильной дороги.

4.2 Руководящие отметки для проектной линии продольного профиля

Перед началом построения проектной линии определяют руководящие отметки и контрольные точки. Руководящая отметка необходима для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна [6]. Её определяют с учётом ряда факторов: дорожно-климатической зоны, категории дороги, вида грунта рабочего слоя, типа местности по характеру увлажнения и условиям снегонезаносимости. Так как тип местности по условиям увлажнения меняется вдоль трассы, то и руководящих отметок будет несколько.

4.2.1 Руководящая отметка для первого типа местности.

На открытых участках местности с обеспеченным стоком воды руководящую отметку определяют из условия снегонезаносимости дороги. Схема к её определению показана на рис. 5.

Условие снегонезаносимости заключается в том, что отметка бровки насыпи должна быть не менее величины h_p по формуле:

$$h_{\text{р}} = h_{\text{сн}} + \Delta h,$$

где $h_{сн}$ – расчётная толщина снегового покрова 5%-ой обеспеченности; Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, зависящее от категории автомобильной дороги. Величину Δh выбирают из табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова

Параметры	Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, м				
Категория	I	II	III	IV	V
Δh	1.2	0.7	0.6	0.5	0.4

$$h_{\text{р}} = h_{\text{сн}} + \Delta h = 0{,}52 + 0{,}6 = 1{,}12 \text{ м}.$$

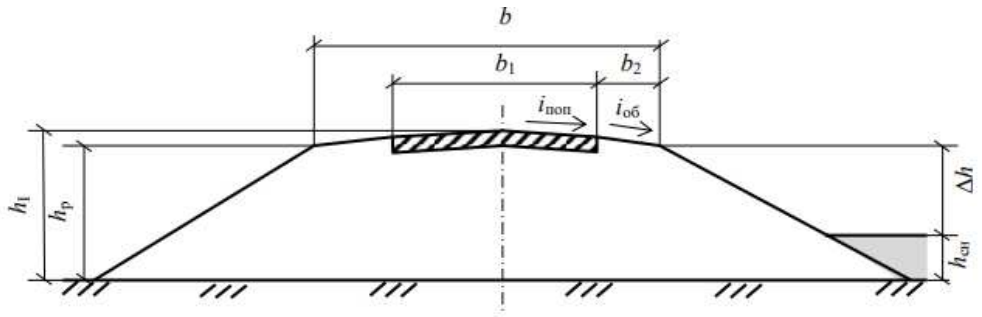


Рисунок 5 – Схема к определению руководящей отметки из условия снегонезаносимости дороги

Полученную отметку необходимо перевести в руководящую отметку для линии проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси дороги. Тогда руководящая отметка вычисляется по формуле:

$$h_1 = h_{\text{р}} + i_{\text{об}} \cdot b_2 + i_{\text{поп}} \frac{b_1}{2},$$

где b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2 краевых полос обочины), b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы; $i_{об}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины; $i_{поп}$ – поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

В районах, где расчётная высота снежного покрова превышает 1 м, необходимо проверить достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом с учётом снега, сбрасываемого с дороги [7].

Для проектируемой дороги 3-й категории b_1 = 8 м; b_2 = 2 м, Δh = 0,5 м. Поперечные уклоны покрытия и обочин зависят от их вида. Для асфальтобетонного покрытия $i_{поп}$ = 20 ‰, для обочин $i_{об}$ = 40 ‰. При высоте снегового покрова 5%-ой обеспеченности $h_{сн}$ = 0,52 м руководящая отметка для дороги III категории с асфальтобетонным покрытием составит:

$$h_{рук} = 1{,}12 + 0{,}04 \cdot 2 + 0{,}02 \cdot 4 = 1{,}28 \text{ м}.$$

4.2.2 Руководящая отметка для второго типа местности.

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют 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 [7]. Схема определения отметки показана на рис. 5.

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

$$h_{II} = h_{1.н} + h_{п.в.} + i_{поп}\frac{b_1}{2},$$

где $h_{1,н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли; $i_{поп}$ – поперечный уклон проезжей части; b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины), $h_{пв}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли.

Значения $h_{1н}$ принимаются по табл. 4.2 (под чертой) в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя.

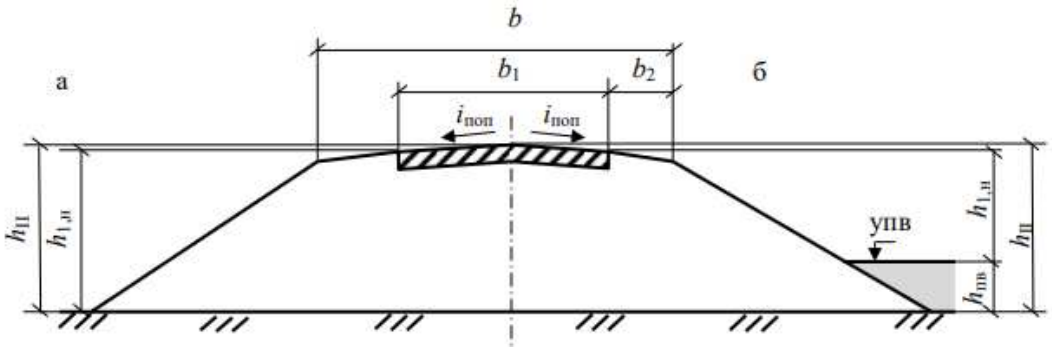


Рисунок 6 – Определение руководящей отметки для второго типа местности по увлажнению: а – при необеспеченном стоке от поверхности земли; б – при необеспеченном стоке кратковременно стоящих поверхностных вод

Таблица 4.2 - Наименьшее возвышение поверхности покрытия в зависимости от грунта рабочего слоя и дорожно-климатической зоны

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

Так как район проектирования относится к III-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – супесь пылеватая, то в соответствии с табл. 3.2 (под чертой) $h_{1,н} = 1,4$ м. При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод глубиной $h_{пв} = 0,0$ м руководящую отметку для второго типа

местности по увлажнению, вычисляют по обозначенной выше формуле. Для дороги III-й категории она составит:

$$h_{\text{II}} = h_{1.\text{н}} + h_{\text{п.в.}} + i_{\text{поп}}\frac{b_1}{2} = 1{,}4 + 0{,}0 + 0{,}02{\cdot}4/2 = 1{,}44 \text{ м.}$$

4.2.3 Руководящая отметка для третьего типа местности.

Руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток (рис. 7). Данная таблица взята из СП 34.13330.2012 [1].

При необеспеченном стоке поверхностных вод, стоящих более 30 суток, руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определяется по формуле:

$$h_{\text{III}} = h_{2.\text{н}} + h_{\text{п.в.}} + i_{\text{поп}}\frac{b_1}{2},$$

где $h_{2,\text{н}}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем поверхностных вод; $h_{\text{пв}}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли; $i_{\text{поп}}$ – поперечный уклон проезжей части; b_1 – ширина покрытия (суммарная ширина проезжей части и 2-х краевых полос обочины).

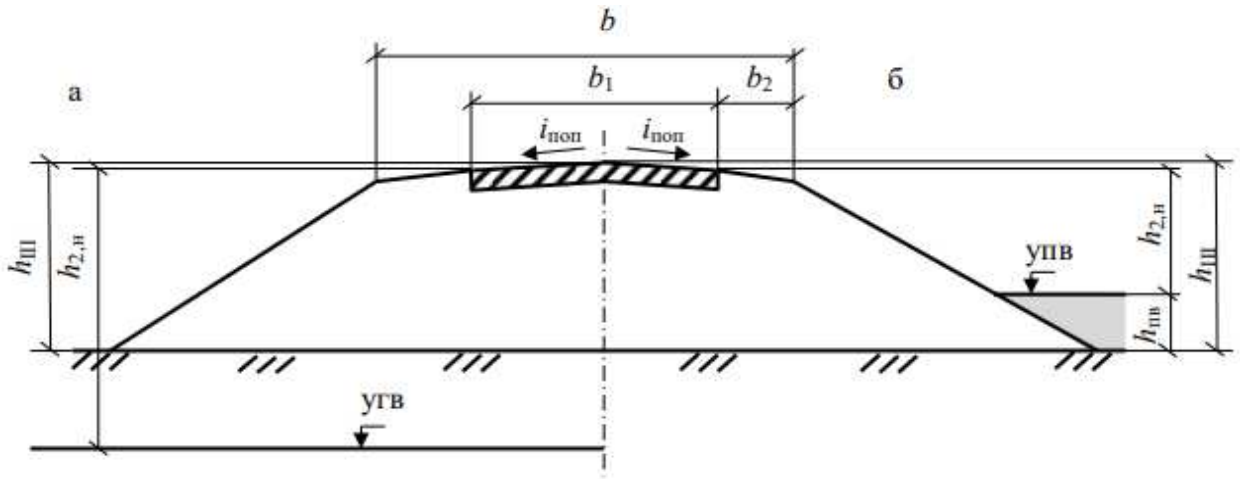


Рисунок 7 – Определение руководящей отметки для третьего типа местности по увлажнению: а – высоком стоянии грунтовых вод; б – при необеспеченном стоке поверхностных вод.

Так как район проектирования относится к III-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – супесь пылеватая, то в соответствии с табл. 3.2 (над чертой) $h_{2,н}$ = 1,8 м [9]. При высоко стоящих поверхностных водах с глубиной заложения их горизонта $h_{пв}$= 0,28 м руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению, вычисляют по второй из указанных для этого подпункта формул. Для дороги III-й категории она составит:

$$h_{\text{III}} = h_{2.\text{н}} + h_{\text{п.в.}} + i_{\text{поп}} \frac{b_1}{2} = 1{,}4 + 0{,}28 + 0{,}02 \cdot 4/2 = 1{,}72 \text{ м.}$$

4.3 Назначение контрольных отметок

4.3.1 Создание дополнительных створов для контрольных точек.

К контрольным точкам проектной линии относятся следующие: начало и конец трассы; отметки проезжей части мостов и путепроводов; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки головки рельса железной дороги и отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой [10]. Прежде, чем вычислять контрольные точки, необходимо построить створы, в которых будут сооружаться труба и (если есть пересечение с дорогой) перекрёсток.

Сначала необходимо установить пикетажное положение трубы, для чего анализируют сток воды на цифровой модели местности. Из анализа направления стока видно, что на местности поток воды устремляется в район ПК 9+22 и ПК 24+60 , следовательно, в этих местах должны быть устроены водопропускные трубы.

4.3.2 Контрольные точки проектной линии в начале и конце трассы.

Это точки, через которые проектная линия продольного профиля обязана пройти. В курсовом проекте их принимают в соответствии с руководящими отметками. В начале и конце трассы сток воды обеспечен, значит контрольные точки определяются по формулам:

$$H_{\text{нт}} = H_{\text{з,нт}} + h_{\text{I}},$$

$$H_{\text{кт}} = H_{\text{з,кт}} + h_{\text{I}},$$

где $H_{\text{з,нт}}$, $H_{\text{з,кт}}$ – отметки земли в начале и конце трассы соответственно (берутся из цифровой модели местности), h_{I} – руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению.

$$H_{\text{нт}} = H_{\text{з,нт}} + h_{\text{I}} = 317{,}21 + 1{,}28 = 318{,}49 \text{ м};$$

$$H_{\text{кт}} = H_{\text{з,кт}} + h_{\text{I}} = 345{,}92 + 1{,}28 = 347{,}2 \text{ м}.$$

4.3.3 Контрольная точка проектной линии над трубой.

Минимально допустимые отметки над трубами являются контрольными точками, ограничивающими положение проектной линии снизу[11]. В случае безнапорного течения воды в трубах контрольная отметка определится по формуле:

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{з.тр}} + d + \Delta + \delta + h_{\text{ДО}},$$

где $H_{\text{з,тр}}$ – отметка рельефа в створе трубы, d – диаметр трубы, δ – толщина стенки трубы, Δ – толщина засыпки над трубой, $h_{\text{ДО}}$ – толщина конструкции дорожной одежды. Толщина засыпки над трубой принимается равной 0,5 м, считая от верха звена трубы и до низа конструкции дорожной одежды.

Назначим d = 2,0 м, толщину стенки железобетонной трубы δ = 0,14 м, толщину конструкции слоёв дорожной одежды (суммарную толщину

асфальтобетонных слоёв и слоёв, укрепленных вяжущим) для дороги III категории $h_{ДО}$ = 0,45 м.

$$H_{тр} = H_{з.тр} + d + \Delta + \delta + h_{ДО}$$

$$H_{тр1} = 319{,}3 + 2{,}0 + 0{,}14 + 0{,}5 + 0{,}45 = 322{,}4 \text{ м.}$$

$$H_{тр2} = 328{,}2 + 2{,}0 + 0{,}14 + 0{,}5 + 0{,}45 = 331{,}3 \text{ м.}$$

Таблица 4.3 – Ведомость контрольных точек

№ точки	Название точки	Пикет	Отметка, м		Положение проектной линии
			земли	проектной линии	
1	Начало трассы	0+00	317,21	318,49	Проходит через точку
2	Труба	9+22	319,3	322,4	Не ниже точки
3	Труба	24+60	328,2	331,3	Не ниже точки
4	Конец трассы	51+36	345,92	347,2	Проходит через точку

4.4 Поперечные профили

Конструкция поперечных профилей земляного полотна назначена согласно III категории дороги, с учетом плана и продольного профиля.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012[1] и ГОСТ Р 52399-2005 [14].

Параметры профилей :

- ширина проезжей части (7,0 м);
- ширина обочин (2,5 м);
- уклон проезжей части (20 ‰);
- уклон обочин (40 ‰).

Типы поперечных профилей :

Тип 1 - Насыпь высотой до 2 м с кюветами, крутизна откосов 1:4 ;

Тип 2 – Насыпь высотой от 2 м до 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:4 ;

Тип 3 – Насыпь высотой более 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:1,5.

Детальная конструкция поперечных профилей приведена на листе № 3 графической части.

5 Проектирование водопропускной трубы

5.1 Определение расчётного максимального расхода воды для малых искусственных сооружений

5.1.1 Выбор места расположения проектируемой трубы

Место установки трубы определяют, проводя анализ стока по карте или инженерной цифровой модели местности (ИЦММ).

Рисунок 8- Определение положения трубы из направления зоны затопления

Из анализа направления стока на рис. 8 видно, что поток воды устремляется в район ПК 9+22, следовательно, в этом месте должна быть устроена водопропускная труба.

5.1.2 Задание вероятности превышения расчётного максимального расхода воды

Водопропускные сооружения проектируют на пропуск расчётного максимального расхода воды заданной вероятности превышения. Вероятность превышения (ВП) – это вероятность превышения расчётного максимального расхода воды ещё большим по значению расходом. Вероятность превышения нормируется в зависимости от типа искусственного сооружения и категории дороги [15]. Нормативные значения вероятности превышения для мостов и труб в зависимости от категории дороги приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Вероятности превышения для малых искусственных сооружений

Категория дороги	ВП, %
I	1
II,III	2
IV,V	3

Так как проектируемая дорога III категории примем вероятность превышения равной 2%.

5.1.4 Определение максимального расхода ливневых вод

Значение расхода ливневых вод вычисляют по формуле:

$$Q_{л} = 16{,}7\alpha_{час}K_t\alpha\varphi F,$$

где $\alpha_{час}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин; K_t – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности; α – коэффициент потерь стока; φ – коэффициент редукции, определяемый по карте-схеме ливневых райнов, F – площадь бассейна, км^2 [16].

Интенсивность ливня часовой продолжительности, коэффициент перехода K_t, коэффициент потерь стока α определяются по таблицам и картам-схемам.

В нашем случае номер ливневого района – 6.

Коэффициент редукции φ находим по формуле:

$$\varphi = \begin{cases} 1/\sqrt[4]{10F}, \text{при } F > 0{,}1 \text{ км}^2, \\ 1, \text{при } F \leq 0{,}1 \text{ км}^2. \end{cases}$$

Так как площадь больше 0,1 км^2, то считаем по первой формуле:

$$\varphi = 1/\sqrt[4]{10F} = 1/\sqrt[4]{10 \cdot 0{,}63} = 0{,}63.$$

Подставим найденные значения в формулу:

$$Q_л = 16{,}7\alpha_{час}K_t\alpha\varphi F = 16{,}7 \cdot 0{,}89 \cdot 5{,}24 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}63 \cdot 0{,}63 = 15{,}46\ {}^{м^3}/_{с}.$$

5.1.5 Определение максимального расхода талых вод

Максимальный расход талых вод находят по формуле:

$$Q_т = \frac{k_0 h_p F \delta_1 \delta_2}{(F+1)^n},$$

где k_0 – коэффициент дружности половодья; h_p – расчетный слой суммарного стока той же вероятности превышения, что и расчетный расход, мм; δ_1 – коэффициент заозёренности; δ_2 – коэффициент залéсенности и заболоченности; n – показатель степени.

Коэффициент дружности половодья k_0 и показатель степени n принимаем, исходя из типа местности района строительства, равными 0,25 и 0,013 соответственно. Коэффициенты заболоченности и заозёренности принимаем, исходя из анализа цифровой модели, равными 1.

Для нахождения расчетный слой суммарного стока $h_р$ по карте средних слоев талых вод нужно определить средний многолетний слой стока h'. Для данного района строительства он равен 40 мм. Затем по карте коэффициентов вариации слоев стока талых вод, находим значение коэффициента вариации $C_{v,карт}$ равное 0,9. Так как карта составлена для водосборных бассейнов площадью более 200 км^2, то необходимо умножить его на поправочный коэффициент $k_{попр}$, равный 1,25, так как площадь бассейна меньше 50 км^2.

$$C_v = C_{v,карт} \cdot k_{попр} = 0{,}9 \cdot 1{,}25 = 1{,}125.$$

Коэффициент асимметрии C_s принимаем равным $2C_v$, так район строительства равнинный. По графику кривых модульных коэффициентов слоев стока (рис.9) находим значение модульного коэффициента слоя стока K_p.

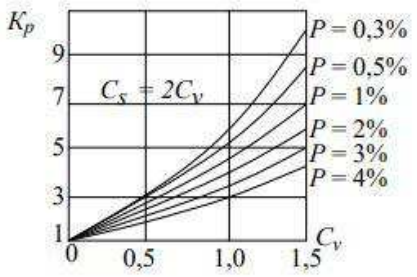


Рисунок 9 - Кривые модульных коэффициентов слоев стока

Исходя из графика, при вероятности превышения 2% (для принятой III категории дороги) и при найденном значении коэффициента вариации C_v коэффициент асимметрии равен 5.

Расчетный слой суммарного стока равен:

$$h_p = h' \cdot K_p = 40 \cdot 5 = 200 \text{ мм}.$$

Подставим найденные значения в формулу:

$$Q_т = \frac{k_0 h_p F \delta_1 \delta_2}{(F+1)^n} = \frac{0{,}013 \cdot 200 \cdot 0{,}63 \cdot 1 \cdot 1}{(0{,}63+1)^{0{,}25}} = 1{,}45 \, {}^{м^3}/_{с}.$$

5.1.6 Назначение расчетного максимального расхода воды

В качестве расчетного максимального расхода воды принимают наибольший расход из найденных:

$$Q_{max} = \max(Q_л; Q_т) = \max(15{,}46; 1{,}45) = 15{,}46\ {}^{м^3}/_{с}.$$

Данный расчётный максимальный расход будет использован в дальнейшем при гидравлических расчётах труб и малых мостов.

5.2 Расчёт отверстия трубы

Суть расчетов заключается в определении глубины и скорости потока на выходе из трубы с целью назначения мероприятий по укреплению выходного русла [12].

В таблицах гидравлических характеристик типовых труб приведены значения скоростей и глубин в случае критического режима, т.е. $i_{тр} = i_{кр}$, где $i_{тр}$ – уклон трубы, $i_{кр}$ – критический уклон. В зависимости от соотношения уклона трубы и критического уклона изменяется режим течения, а, следовательно, и выходные характеристики потока. В данной работе труба запроектирована на безнапорный режим работы.

В зависимости от расчетного максимального расхода воды по таблицам пропускной способности подбираем размеры отверстия трубы. Расчётный максимальный расход равен Q_p 15,46 м^3/с, значит для дороги подойдёт труба с раструбным типом входного оголовка с коническим входным звеном и диаметром 2 метра. При выбранном диаметре нет ограничений на длину трубы, категорию дороги, а также отсутствуют какие-либо дополнительные ограничения [8].

Так как Q_p =15,46 м^3/с , делим расчетный максимальный расход воды пополам и устанавливаем двухочковую трубу.

Рассчитанный уклон трубы равен 5,2‰. Определим критическую глубину $h_{кр}$ с помощью уравнения:

$$\frac{\omega_{кр}^3}{b_{кр}d^5} = \frac{\alpha Q_p^2}{g d^5},$$

где $\omega_{кр}$, $b_{кр}$ – соответственно площадь живого сечения и ширина потока поверху (свободной поверхности) при h=$h_{кр}$, Q_p – расчетный максимальный расход воды, α – коэффициент Кориолиса, d – диаметр трубы, g – ускорение свободного падения.

После сокращения на d^5 получится выражение:

$$\frac{\omega_{кр}^3}{b_{кр}} = \frac{\alpha Q_p^2}{g},$$

Коэффициент Кориолиса имеет значения в пределах от 1,0 до 1,1. В расчетах примем α=1,1.

$$\frac{\omega_{кр}^3}{b_{кр}} = \frac{\alpha Q_p^2}{g} = \frac{1{,}1 \cdot 7{,}73^2}{9{,}81} = 6{,}7.$$

Для определения критической глубины проводится расчёт графоаналитическим способом. Сначала строится таблица, в которую занесём все возможные допустимые значения глубины водного потока h с шагом 0,1. Диаметр трубы принят 2 м, значит за максимально допустимое значение глубины безнапорного потока воды в трубе $h_{пред}$ принято 3/4 от диаметра, и, следовательно, равно 1,5 метра.

Для всех значений глубины h по расчётным формулам для круглых труб рассчитываем ширину потока по свободной поверхности b, смоченный периметр L, площадь живого сечения ω и отношение ω^3/b.

Таблица 5.2 - – Расчётные формулы для определения критической глубины

Параметр	Расчётные формулы
	Круглая труба
Ширина потока по свободной поверхности	$b = 2\sqrt{hd - h^2}$
Смоченный периметр	$L = \sqrt{b^2 + \frac{16}{3}h^2}$
Площадь живого сечения	$\omega = \frac{1}{2}\left(L\frac{d}{2} - b\left(\frac{d}{2} - h\right)\right)$

Таблица 5.3 - Расчёт размеров отверстия малого искусственного сооружения

h, м	b,м	L, м	ω, м^2	ω^3/b, м^3
0,1	0,872	0,902	0,059	0,0002
0,2	1,200	1,286	0,163	0,004
0,3	1,428	1,587	0,294	0,018
0,4	1,600	1,848	0,444	0,055
0,5	1,732	2,082	0,608	0,130
0,6	1,833	2,298	0,782	0,261
0,7	1,908	2,501	0,964	0,470
0,8	1,960	2,693	1,151	0,777
0,9	1,990	2,877	1,339	1,207
1	2,000	3,055	1,528	1,782
1,1	1,990	3,227	1,713	2,526
1,2	1,960	3,394	1,893	3,462
1,3	1,908	3,557	2,065	4,614
1,4	1,833	3,717	2,225	6,009
1,5	1,732	3,873	2,370	7,681

Далее строят график зависимости $h=h(\omega^3/b)$, представляющей собой кривую связи между расходом и глубиной воды в трубе. После этого по оси абсцисс откладываем вычисленное значение $\frac{\omega_{кр}^3}{b_{кр}}$, равное 6,7 и находим критическую глубину.

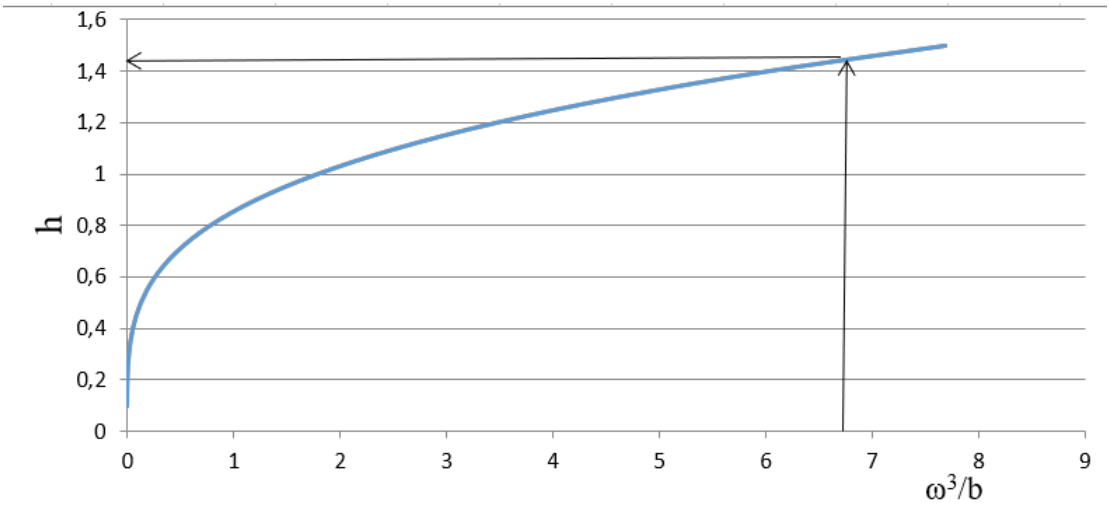


Рисунок 10 – График зависимости

По графику видно, что критическая глубина равна 1,42 метра.

Выполним проверку, чтобы убедиться, что режим течения в трубе безнапорный. Для этого зададим глубину потока в сжатом сечении:

$$h_{сж} = 0{,}9 * h_{кр} = 0{,}9 * 1{,}42 = 1{,}278 \text{ м.}$$

Далее по формулам для круглых труб находим ширину, смоченный периметр и площадь потока в сжатом сечении $b_{сж}$, $l_{сж}$,$\omega_{сж}$ соответственно.

Таблица 5.4 – Значения в сжатом сечении

$h_{сж}$, м	$b_{сж}$,м	$L_{сж}$, м	$\omega_{сж}$, м^2
1,278	1,921	3,522	2,028

После этого определим напор перед трубой:

$$H = h_{сж} + \frac{Q_p^2}{2g\varphi^2\omega_{сж}^2},$$

где коэффициент скорости φ=0,85.

$$H = h_{сж} + \frac{Q_p^2}{2g\varphi^2\omega_{сж}^2} = 1{,}278 + \frac{7{,}73^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}85 \cdot 2{,}028^2} = 2{,}15 \text{ м.}$$

При безнапорном режиме течения должно выполняться условие:

$H \leq 1{,}2h_{\text{тр}}$, где $h_{\text{тр}}$ –диаметр входного отверстия трубы.

$$2{,}15 \leq 1{,}2 \cdot 2,$$

$$2{,}15 \leq 2{,}4.$$

Условие выполняется, что подтверждает то, что режим трубы – безнапорный.

Найдём критический уклон. Для критической глубины $h_{\text{кр}}$ по формулам для круглых труб находят ширину, смоченный периметр и площадь потока $b_{\text{кр}}$ $l_{\text{кр}}$,$\omega_{\text{кр}}$.

Таблица 5.5 – Значения для критической глубины

$h_{\text{кр}}$, м	$b_{\text{кр}}$,м	$L_{\text{кр}}$, м	$\omega_{\text{кр}}$, м^2
1,420	1,815	3,748	2,255

Определим гидравлический радиус:

$$R_{\text{кр}} = \frac{\omega_{\text{кр}}}{L_{\text{кр}}} = \frac{2{,}255}{3{,}748} = 0{,}6 \text{ м}.$$

Найдём коэффициент гидравлической шероховатости – коэффициент Шези:

$$C_{\text{кр}} = \frac{R_{\text{кр}}^{1/6}}{n},$$

где n – коэффициент шероховатости, принимаемый для бетонной поверхности трубы из диапазона 0,012–0,014. Для расчёта примем его равным 0,014.

$$C_{\text{кр}} = \frac{R_{\text{кр}}^{1/6}}{n} = \frac{0{,}6^{1/6}}{0{,}014} = 65{,}57.$$

Вычислим критический уклон:

$$i_{\text{кр}} = \frac{Q_p^2}{\omega_{\text{кр}}^2 C_{\text{кр}}^2 R_{\text{кр}}^2} = \frac{7{,}73^2}{2{,}255^2 \cdot 65.57^2 \cdot 0.6^2} = 8‰.$$

Критический уклон необходим для того, чтобы определить режим течения в трубе [16]. В зависимости от соотношения сил инерции и тяжести (гравитационных) состояние потока может быть спокойным (докритическим) и бурным (сверхкритическим).

Режим течения в трубе зависит от соотношения уклонов, критического $i_{\text{кр}}$ и уклона трубы $i_{\text{тр}}$. В качестве уклона трубы принимают уклон дна бассейна перед сооружением. В данном случае уклон трубы 5‰ меньше критического 8‰, значит режим течения - спокойный, и соответственно скорость и глубина потока на выходе из трубы составят:

$$v_{\text{вых}} = \frac{Q_p}{\omega_{\text{сж}}} = \frac{7{,}73}{2{,}028} = 3{,}81\,\frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$h_{\text{вых}} = 0{,}8 h_{\text{кр}} = 0{,}8 \cdot 1{,}42 = 1{,}14\text{м}.$$

Данные значения примерно соответствуют значениям, приведённым в таблице по гидравлическим характеристикам типовых круглых труб при безнапорном режиме протекания воды для выбранного диаметра трубы 2 метра.

По найденным значениям скорости и глубины воды на выходе из трубы проектируют выходное русло за трубой.

Детальная конструкция поперечных профилей приведена на листе № 4 графической части.

5.3 Назначение технических параметров трубы

5.3.1 Расчёт длины трубы

Длина трубы зависит от высоты насыпи, ширины земляного полотна, крутизны откоса насыпи и угла между осью дороги и осью трубы. Высоту

насыпи $H_н$ принимают по рабочей отметке, имеющей место на пикете расположения трубы. При проектировании данной дороги высота насыпи равна 3,74 метра.

Заложение откоса насыпи зависит от категории дороги, высоты насыпи, грунта земляного полотна и влажности климата. Для имеющейся высоты насыпи и III категории дороги заложение откоса равно 4 метра.

Угол между осью дороги и осью трубы – это угол между тальвегом и осью дороги. Он может принимать значения от 90° до 60°. Для дальнейших решений принимаем его равным 90°.

При рабочей отметке $h_н \leq 6{,}0$ м длина трубы l без оголовков вычисляется по формуле:

$$l = \left[\frac{0.5B + m\left(h_н - h_{тр}\right)}{1 + m_н i_{тр}} + \frac{0.5B + m\left(h_н - h_{тр}\right)}{1 - m_н i_{тр}} + m_0\right]\frac{1}{\sin\alpha},$$

где B – ширина земляного полотна; m – заложение откоса насыпи при высоте до 6 м; $m_н$ - заложение нижнего откоса насыпи высотой более 6 м; $i_{тр}$ – уклон трубы, принимаемый равным уклону бассейна перед сооружением i_c; m_0 – толщина стенки оголовка, равная 0,35 м, α – угол между осями дороги и трубы (линией тальвега).

$$l = \left[\frac{0.5\cdot 12+4\cdot(3{,}74-2)}{1+4\cdot 0.005} + \frac{0.5\cdot 12+4\cdot(3{,}74-2)}{1-4\cdot 0.005} + 0{,}35\right]\frac{1}{\sin 90} = 26{,}28 \text{ м}.$$

Полная длина трубы вычисляется по выражению:

$$L_{тр} = l + 2l_{огол},$$

где $l_{огол}$ – длина оголовков, при принятом диаметре 2 метра, равная 3.66 метра.

$$L_{тр} = l + 2l_{огол} = 26{,}28 + 2\cdot 3{,}66 = 33{,}6 \text{ м}.$$

5.3.2 Проектирование укреплений за трубой

При растекании воды за трубой её скорость возрастает в несколько раз, по сравнению со скоростью потока в бытовом состоянии (т.е. до устройства трубы), что вызывает размыв русла [15]. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размеров укрепления. Наиболее экономичными являются короткие жёсткие укрепления, заканчивающиеся предохранительным откосом, рис.13, с каменной наброской. Укрепление устраивают из железобетонных плит, монолитного бетона или мощением.

Тип укрепления подбирают в зависимости от расчётной скорости потока. По размерам отверстия трубы назначают длину укрепления $l_{укр}$. За трубой она должна быть в пределах (3–4)*в*, где *в* – диаметр круглой трубы. При диаметре 2 метра длина укрепления будет равна 6 метров.

Глубину размыва определяют следующим образом. Сначала вычисляют параметр:

$$a = \frac{l_{укр} \cdot tg\alpha}{в},$$

где α – угол растекания воды, для данной работы, принимаемый 45°, *в* – диаметр круглой трубы.

$$a = \frac{6 \cdot 1}{2} = 3$$

При параметре *a*, равном 3, значение параметра Δh, равно 0,65. Тогда глубина размыва $h_{разм}$ определится по формуле:

$$h_{разм} = \Delta h \cdot H,$$

где H – напор воды перед трубой, равный 2,15 метра.

$$h_{разм} = \Delta h \cdot H = 0{,}65 \cdot 2{,}15 = 1{,}40 \text{ м}.$$

Глубина заложения предохранительного откоса:

$$h_{\text{отк}} = \frac{4}{3} h_{\text{разм}} = \frac{4}{3} \cdot 1{,}40 = 1{,}87 \text{ м.}$$

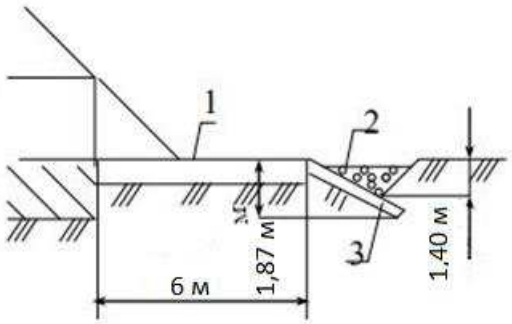


Рисунок 11 – Укрепление за трубой: 1 – укрепление; 2 – каменная наброска в ковше размыва; 3 – предохранительный откос

6 Расчёт конструкции дорожной одежды.

6.1 Общие данные

Выполняемые расчёты : На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: III - подзона 1;

Схема увлажнения: Схема 1;

Расчётная влажность грунта $W_р$: 0,80;

Коэффициент уплотнения грунта : 1,02;

Глубина промерзания грунтов, м : 2,76.

Проектные данные :

Техническая категория дороги: III категория ;

Тип дорожной одежды: Капитальный ;

Заданная надёжность $K_н$: 0,9 5;

Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет : 20 ;

Ширина проезжей части, м: 8,0 .

Расчётная нагрузка :

Давление в шине p, МПа: 0,8 ;

Диаметр отпечатка шины D (дин.), см: 39 ;

Статическая нагрузка на ось Q, кН: 115 ;

Суммарное число приложений нагрузки: 400000 .

6.2 Расчет для первого варианта дорожной одежды :

Конструктивный слой № 1: 10,0 см

Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 ;

Конструктивный слой № 2: 17,0 см

Щебень чёрный для покрытий устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией;

Конструктивный слой № 3: 22,0 см

Пески гравелистые крупные средние, обработанные цементом, по прочности соответствующие марке 40;

Конструктивный слой № 4: 25,0 см

Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С3 - 120 мм (для оснований);

Грунт земляного полотна - супесь лёгкая.

Общая цена варианта = 1 742,40 тысяч рублей, на всём участке проектирования ($12,00 \cdot 1000 = 12\,000$ м^2)

Результаты расчёта на упругий прогиб :

Поверхностный модуль упругости $E_{пов}$ = 365,7 Мпа ;

Требуемый модуль упругости $E_{тр}$ = 273,6 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ = 1,340 ;

Требуемый коэффициент прочности $K_{тр}$ = 1,170 ;

Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр})/ K_{тр} \cdot 100\%$ = 15% .

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость .

Параметры материала:

Супесь лёгкая ;

Угол внутреннего трения φ = 13,3 ° ;

Сцепление C_n = 0,004 Мпа ;

Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$ = 34,1 ° ;

Коэффициент $К_д$ = 1,0 .

Параметры двухслойной модели :

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв $Е_в$ = 458,24 МПа ;

Модуль упругости на поверхности расчётного слоя $Е_н$ = 43,15 МПа ;

Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв у = 0,0020 кг/см^3;

Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп}$ = 74,0 см ;

Удельное активное напряжение сдвига t = 0,01468 Мпа ;

Расчётное активное напряжение сдвига Т = 0,012 Мпа ;

Предельное активное напряжение сдвига $Т_{пр}$ = 0,01402 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $К_{расч}$ = 1,190 ;

Требуемый коэффициент прочности $К_{тр}$ = 1,000 ;

Запас прочности ($К_{расч}$ - $К_{тр}$)/ $К_{тр}$ ·100% = 19% .

Результаты расчёта на сопротивление при изгибе.

Параметры материала :

Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 ;

Нормативное сопротивление весной R_0 = 7,80 Мпа ;

Усталостный показатель степени m = 4,0 ;

Коэффициент различия А = 7,6 ;

Коэффициент снижения прочности $к_2$ = 0,8 .

Параметры двухслойной модели :

Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв $Е_в$ = 2200,00 Мпа ;

Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв $Е_{общ}$ = 269,40 Мпа ;

Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп}$ = 10,0 см ;

Коэффициент $К_в$ (двубалонное колесо) = 0,85 ;

Коэффициент усталостного разрушения $к_1$ = 0,30 ;

Наибольшее растягивающее напряжение r = 0,954 Мпа ;

Прочность материала при изгибе $R_п$ = 1,563 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $К_{расч}$ = 1,639 ;

Требуемый коэффициент прочности $К_{тр}$ = 1,000 ;

Запас прочности ($К_{расч}$ - $К_{тр}$)/ $К_{тр}$ ·100% = 64% .

Результаты расчёта на морозоустойчивость :

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $Н_{у}$ =10,54 м ;

Коэффициент учёта уровня грунтовых вод $К_{угв}$ = 0,42 ;

Пучинистость грунта - Группа 3 (пучинистый) ;

Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв $К_{нагр}$ = 0,69 ;

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта $К_{вл}$ = 1,20 ;

Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя $К_{пл}$ = 0,80 ;

Коэффициент учёта гранулометрии основания $К_{гр}$ = 1,10 ;

Величина морозного пучения при усреднённых условиях $L_{пуч.ср.}$= 5,45 см ;

Ожидаемая пучинистость грунта 1,66 см < 80% от допустимой 4,00 см ;

Морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой .

6.3 Расчет для второго варианта дорожной одежды :

Конструктивный слой № 1: 7,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-90/130 ;

Конструктивный слой № 2: 9,0 см

Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 ;

Конструктивный слой № 3: 16,0 см

Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки ;

Конструктивный слой № 4: 40,0 см

Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С3 - 120 мм (для оснований);

Грунт земляного полотна - супесь лёгкая.

Общая цена варианта = 2 011,20 тысяч рублей на всём участке проектирования (12,00 · 1000 = 12 000 $м^2$) .

Результаты расчёта на упругий прогиб :

Поверхностный модуль упругости $E_{пов}$ = 330,0 Мпа ;

Требуемый модуль упругости $E_{тр}$ = 273,6 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ = 1,210 ;

Требуемый коэффициент прочности $K_{тр}$ = 1,170 ;

Запас прочности ($K_{расч}$ - $K_{тр}$)/ $K_{тр}$ ·100% = 3%

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость.

Параметры материала:

Супесь лёгкая

Угол внутреннего трения φ = 13,3 ° ;

Сцепление c_n = 0,004 Мпа ;

Стат. угол внутреннего трения $φ_{ст}$ = 34,1 ° ;

Коэффициент $K_д$ = 1,0 .

Параметры двухслойной модели :

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв $E_в$ = 396,64 МПа ;

Модуль упругости на поверхности расчётного слоя $E_н$ = 43,15 МПа ;

Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв у = 0,0020 кг/см^{2} ;

Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп}$ = 72,0 см ;

Удельное активное напряжение сдвига t = 0,01636 Мпа ;

Расчётное активное напряжение сдвига T = 0,013 Мпа ;

Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$ = 0,01357 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ = 1,040 ;

Требуемый коэффициент прочности $K_{тр}$ = 1,000 ;

Запас прочности ($K_{расч}$ - $K_{тр}$)/ $K_{тр}$ ·100% = 4% .

Результаты расчёта на сопротивление при изгибе.

Параметры материала :

Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 ;

Нормативное сопротивление весной R_0 = 7,80 Мпа ;

Усталостный показатель степени m = 4,0 ;

Коэффициент различия A = 7,6 ;

Коэффициент снижения прочности $к_2$ = 0,8.

Параметры двухслойной модели :

Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв $E_в$ = 2812,50 Мпа ;

Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв $E_{общ}$ = 187,02 Мпа ;

Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп}$ = 16,0 см ;

Коэффициент $К_в$ (двубалонное колесо) = 0,85 ;

Коэффициент усталостного разрушения $к_1$ = 0,30 ;

Наибольшее растягивающее напряжение r = 1,192 Мпа ;

Прочность материала при изгибе $R_п$ = 1,563 Мпа ;

Расчётный коэффициент прочности $К_{расч}$ = 1,311 ;

Требуемый коэффициент прочности $К_{тр}$ = 1,000 ;

Запас прочности ($К_{расч}$ - $К_{тр}$)/ $К_{тр}$ ·100% = 31% .

Результаты расчёта на морозоустойчивость :

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $Н_у$ = 10,56 м ;

Коэффициент учёта уровня грунтовых вод $К_{угв}$ = 0,42 ;

Пучинистость грунта - Группа 3 (пучинистый) ;

Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв $К_{нагр}$ = 0,69 ;

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта $К_{вл}$ = 1,20 ;

Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя $К_{пл}$ = 0,80 ;

Коэффициент учёта гранулометрии основания $К_{гр}$ = 1,10 ;

Величина морозного пучения при усреднённых условиях $L_{пуч.ср}$ = 5,60 см ;

Ожидаемая пучинистость грунта 1,70 см < 80% от допустимой 4,00 см ;

Морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой.

6.4 Заключение о дорожных одеждах

Исходя из вышесказанного, можно прийти, что первый вариант дорожной одежды применять более целесообразно.

Детальная конструкция поперечных профилей и сравнение их по цене приведена на листе № 5 графической части.

7.0 Охрана труда

7.1 Общие положения.

Организация и выполнение работ в строительной отрасли, промышленности строительных материалов и строительной отрасли должна осуществляться в соответствии с законодательством Российской Федерации о безопасности труда (далее - законодательство) и иным законодательством, составленным перечнем видов актов правительства [19]. В Российской Федерации утверждено от 23 мая 2000 г. N 399 "О правовых актах, содержащих государственные нормативные акты по охране труда":

- строительные нормы, проектные нормы и проект;

- межотраслевые правила и типовые инструкции по безопасности и гигиене труда, утвержденные федеральными органами исполнительной власти в установленном порядке;

- государственные стандарты системы стандартов охраны труда и техники безопасности, утвержденные Госстандартом в России или Госстроем в России;

- Правила безопасности, правила устройства и безопасной эксплуатации, инструкции по технике безопасности;

- Государственные гигиенические и эпидемиологические правила и нормы, гигиенические нормативы, гигиенические правила и нормы, утвержденные Минздравом России.

7.2 Организация производственных площадей, участков работ и рабочих мест.

Промышленные зоны (строительные площадки и промышленные предприятия с объектами строительства на них, промышленные и санитарные здания и сооружения), рабочие места и рабочие места должны быть подготовлены для обеспечения безопасного выполнения работ [19].

Подготовительные работы должны быть завершены до начала работ. Соответствие требованиям охраны труда и техники безопасности в промышленных зонах, зданиях и сооружениях, на рабочих местах и рабочих местах на вновь построенных или реконструированных промышленных предприятиях определяется при вводе в эксплуатацию.

Завершение подготовительных работ на строительной площадке должно определяться законом о реализации мер по охране труда.

Производственные системы, устройства и инструменты для организации рабочего места должны соответствовать требованиям охраны труда.

Производственные площади, рабочие зоны и рабочие места должны быть оснащены необходимыми средствами коллективной или индивидуальной защиты для рабочих, первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами для обеспечения безопасных условий труда в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и условиями соглашений.

Должны соблюдаться требования при размещении в производственных помещениях санитарных и производственных помещений, зон отдыха, проходов для людей и рабочих мест.

При строительстве объектов с кранами, во время транспортировки или на пешеходных путях санитарные или промышленные здания и сооружения попадают в опасные зоны вблизи строящихся зданий, а также в местах

движения грузов с кранами. Использование защитных сооружений, укрытий и охранников.

Подъездные пути, проходы в производственных помещениях и проходы к рабочим местам и рабочим местам должны содержаться в чистоте и порядке, очищаться от грязи и снега и не перегружаться хранящимися материалами и конструкциями [19].

Въезд посторонних лиц, а также пьяных или безработных в производственную зону запрещен.

Сотрудники и представители других организаций, расположенных в районе строительной или производственной площадки, в промышленных и жилых зданиях, на рабочих местах и на рабочих местах, должны соблюдать правила внутреннего распорядка, изданные в этой организации.

Географически раздельные помещения, платформы, рабочие зоны и рабочие места должны быть оснащены телефонной или радиосвязью.

Обустройство производственных площадей и их техническая эксплуатация должны соответствовать требованиям строительных норм и правил, государственных стандартов, санитарно-гигиенических, противопожарных, экологических и других действующих официальных норм.

Промышленные зоны и рабочие зоны в населенных пунктах или на территории организации должны быть огорожены, чтобы предотвратить доступ посторонних лиц.

Конструкция щитков должна соответствовать следующим требованиям:

Высота ограждения производственных площадей должна составлять не менее 1,6 м, а рабочих мест - не менее 1,2 м.

Заборы рядом с массовыми переходами людей должны иметь высоту не менее 2 м и должны быть оснащены сплошным защитным щитком;

Козырек должен выдерживать воздействие снеговых нагрузок и ударов падающих мелких предметов.

У заборов не должно быть никаких отверстий, кроме ворот и дверей, которые проверяются в рабочее время и закрываются после их завершения.

7.3 Эксплуатация строительных машин, транспортных средств, производственного оборудования, средств механизации, приспособлений, оснастки, ручных машин и инструмента.

Строительная техника, транспортные средства, производственные системы (мобильные и стационарные машины), инструменты механизации, аксессуары, оборудование (машины для штукатурных и малярных работ, взвешивание, мобильные леса, домкраты, лебедки и электрические подъемники и т. д.), Ручные машины и инструменты (сверлильные машины, электрические пилы, измельчители и др.). Пневматические молотки, кувалды, ножовки и т. д.) должны соответствовать требованиям государственных стандартов по охране труда и технике безопасности, а вновь приобретенные должны, как правило, иметь сертификат соответствия требованиям по охране труда и технике безопасности [19].

Запрещается использовать вышеуказанные средства механизации без ограждающих устройств, замков, систем охранной сигнализации и других средств коллективной защиты, предусмотренных в их конструкции.

Строительные машины должны эксплуатироваться в соответствии с требованиями соответствующих официальных правил.

Эксплуатация грузоподъемных машин и другого оборудования для механизации, контролируемого представительствами Госгортехнадзора в России, должна осуществляться в соответствии с требованиями нормативных документов, утвержденных этим ведомством.

Механизация означает, что вновь приобретенные, арендованные или после капитального ремонта, которые не находятся под контролем государственных надзорных органов, могут эксплуатироваться после поверки и проверки лицом, ответственным за их бизнес.

Машины, транспортные средства, производственные цеха и другие средства механизации должны использоваться по назначению и в условиях, указанных изготовителем.

Организации или частные лица, использующие машины, транспортные средства, производственные мощности и другие средства механизации, должны обеспечивать их функциональность.

Список неисправностей, где использование механизирующих агентов запрещено, определяется в соответствии с документацией производителя этих агентов.

Техническое обслуживание и ремонт транспортных средств, машин и других средств механизации должны проводиться только после того, как двигатель был выключен, за исключением возможности непреднамеренного запуска двигателя, самопроизвольного движения машины и ее частей с целью сброса давления. В гидравлических и пневматических системах, если не разрешена эксплуатационная и ремонтная документация.

Во время технического обслуживания и ремонта агрегаты машин и транспортных средств, которые могут перемещаться под действием собственной массы, должны быть механически заблокированы или опущены на носитель, за исключением возможности их самопроизвольного перемещения.

При обслуживании электрических машин должны быть приняты меры для предотвращения случайного энергоснабжения в соответствии с межотраслевыми правилами техники безопасности при эксплуатации электрических систем потребителей [19].

Рабочие места при техническом обслуживании и ремонте машин, транспортных средств, производственных помещений и других средств механизации должны быть оснащены целым рядом исправных инструментов, приспособлений, оборудования, подъемных устройств и огнетушителей.

8 Определение производительности строительной техники и расчет сменных объёмов работ

8.1 Определение объёмов земляных работ

Технологическую карту разрабатывалась на основе исходных данных. Земляное полотно будет возводится для дороги III категории, основные данные расчёта следующие:

- число полос движения: 2;
- ширина полосы движения: 3,5 метра;
- ширина обочины 2,5 метра;
- ширина земляного полотна 12 метров.

Производительность бульдозера, экскаватора и другой строительной техники (кроме автосамосвалов, автокранов и т.п) можно определить по ЕниР 2-1 (ЕниР Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные земляные работы), по формуле

$$П = \frac{T \cdot E}{H_{вр}}$$

где T – продолжительность рабочей смены, 8 ч;

E – объём работ по ЕНиР;

H – норма времени на выполнение данной работы.

Сменная производительность грузового определяется по формуле

$$П = \frac{Т_с \cdot q \cdot k_г \cdot k_в}{2\frac{l_{ср}}{v_{ср}} + t_{пр}}$$

где $Т_с$ – продолжительность смены, ч;

q – грузоподьемность автомобиля, т;

$k_г$ – коэффициент использования грузоподьемности, равный отношению загрузки автомобиля к полной грузоподьемности;

$k_в$ – коэффициент использования времени;

$l_{ср}$ – среднее расстояние транспортировки груза, км;

$v_{ср}$ – среднетехническая скорость движения автомобиля, км/ч;

$t_{пр}$ – продолжительность простоя автомобиля под нагрузкой и разгрузкой, ч.

В соответствии с принятым сменным объёмом работ можно определить длину сменой захватки, м, по формуле

$$L_{захв} = \frac{П}{Q_{уч}},$$

где П – производительность ведущей машины;

$Q_{уч}$ – обьем работ на этом участке (или сумма обьемов работ на участках)

Необходимое количество машин определяется по формуле:

$$N_{расч} = \frac{Q_{п}^{см}}{П_{м}^{см}},$$

где $Q_{п}^{см}$ – объём работ в смену;

$П_{м}^{см}$ – производительность машины в смену.

Коэффициент использования машины по времени находим по формуле:

$$k_{вп} = \frac{N_{расч}}{N_{прин}},$$

где $N_{расч}$ – то же что и в формуле выше;

$N_{прин}$ = 1.

Количество смен на каждый вид работ определяется по формуле:

$$T = \frac{V_{об}}{П_{МО}},$$

где $V_{об}$ – общий объем;

$П_{МО}$ – производительность ведущей машины.

8.2 Определение производительности машин и длин захваток

Далее посчитаем производительность для каждого вида техники и их количество.

Производительность экскаватора Э-801

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0.51} = 1568{,}6 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{расч} = \frac{1568{,}6}{1568{,}6} = 1 \text{шт.}$$

$$k_{вп} = \frac{1}{1} = 1$$

Производительность бульдозера ДЗ-29:

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0{,}64} = 1250 \text{ м}^3/\text{см}$$

Во избежание больших простоев в захватки принимаем 2 бульдозера.

$$N_{расч} = \frac{2500}{2500} = 1$$

$$k_{вп} = \frac{1}{1} = 1$$

Производительность автогрейдера А 120.1:

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0{,}46} = 1739 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{расч} = \frac{1568{,}6}{1739} = 0{,}90 = 1 \text{шт.}$$

$$k_{вп} = \frac{0{,}90}{1} = 0{,}90$$

Производительность автосамосвала КаМАЗ 5511

$$П = \frac{8 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 0{,}85}{2\frac{3}{50} + 0{,}5} = 186 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{расч} = \frac{1568{,}6}{186} = 8{,}43 = 9 \text{ шт.}$$

$$k_{вп} = \frac{0{,}92}{1} = 0{,}92$$

Производительность катка ДУ-84

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0{,}19} = 4210{,}5 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{4210,5} = 0,37 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,37}{1} = 0,37$$

Производительность катка ДУ-73

$$\text{П} = \frac{8 \cdot 100}{0,17} = 4705,9 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{4705,9} = 0,33 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,33}{1} = 0,33$$

Производительность уборочной машины ПМ-130 Б

$$\text{П} = \frac{8 \cdot 100}{0,09} = 8888,9 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{8888,9} = 0,17 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,17}{1} = 0,17$$

Производительность асфальтоукладчика ДС 181

$$\text{П} = \frac{8 \cdot 100}{0,34} = 2352,9 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{2352,9} = 0,67 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,67}{1} = 0,67$$

Производительность тралла Scania R420

$$\text{П} = \frac{8 \cdot 100}{0,42} = 3733,3 \text{м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{3733,3} = 0,42 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,42}{1} = 0,42$$

Производительность крана УРАЛ 4320

$$\text{П} = \frac{8 \cdot 100}{0,48} = 1666,6 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1568,6}{1666,6} = 0,94 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,94}{1} = 0,94$$

Производительность автогудронатора ДС-82

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0,63} = 1269,8 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1269,8}{1269,8} = 1 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{1}{1} = 1$$

Далее определяем длину захватки

Длина первой захватки (ведущая машина бульдозер ДЗ-29)

$$L_1 = \frac{2500}{19856,3} \cdot 5160 = 649,7$$

$$T_1 = \frac{19856,3}{2500} = 8 \text{ см.}$$

Длина второй захватки (ведущая машина экскаватор Э-801)

$$L_2 = \frac{1568.6}{16790} \cdot 5160 = 482$$

$$T_2 = \frac{16790}{1568,6} = 11 \text{ см.}$$

Длина третьей захватки (ведущая машина экскаватор Э-801)

$$L_3 = \frac{1568,6}{448,07} \cdot 150 = 525$$

$$T_3 = \frac{4481,07}{1568,6} = 3 \text{ см.}$$

Длина четвертой захватки (ведущая машина автогрейдер А 120.1)

$$L_4 = \frac{1739}{12836} \cdot 5160 = 700$$

$$T_4 = \frac{12836}{1739} = 8 \text{ см.}$$

Длина пятой захватки (ведущая машина автогудронатор ДС-82)

$$L_5 = \frac{1269,8}{11224} \cdot 5160 = 583,8$$

$$T_5 = \frac{11224}{1269,8} = 9 \text{ см.}$$

Длина шестой захватки (ведущая машина автогудронатор ДС-82)

$$L_6 = \frac{1269,8}{10124} \cdot 5160 = 647,2$$

$$T_6 = \frac{10124}{1269,8} = 8 \text{ см.}$$

Длина седьмой захватки (ведущая машина автогудронатор ДС-82)

$$L_7 = \frac{1269,8}{9144} \cdot 5160 = 717$$

$$T_7 = \frac{9144}{1269{,}8} = 8 \text{ см.}$$

Заключение

В моей выпускной квалификационной работе я разработал проект реконструкции участка автомобильной дороги «Подъезд к Терехте, Ужурский район». Был выполнен анализ существующей автомобильной дороги, по итогам которого было установлено, что данная дорого непригодна для пользования. На более поздних этапах выполнения работы был разработан проект по переводу автомобильный дороги в дорогу III категории для комфортной эксплуатации в дальнейшем .

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Мин-во региональные развития Российской Федерации. – М., 2013. – 109 с.

2. Данные метеостанций по интенсивности и скоростям ветра.

3. Евгеньев. И.Е. Строительство автомобильных дорог. – Издательство «Транспорт» Москва 1968.

4. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во региональные развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.

5. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 / Мин-во региональные развития Российской Федерации. – М., ФАУ «ФЦС», 2013. – 110 с.

6. Евгеньев И.Е. Указания по проектированию земляного полотна автомобильных дорог. – М.: 1963. – 30 с.

7. Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций –Красноярск: ИАС, 2007. –95 с.

8.Евгеньев И.Е. Строительство автомобильных дорог. - Москва: Транспорт, 1968. - 220 с.

9.СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 / Мин-во региональные развития Российской Федерации. – М., 2011. – 338 с.

10. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 / Мин-во региональные развития Российской Федерации. – М., 2012. – 56 с.

11. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Взамен ВСН 46-83 / Гос-ная служба дорожного хозяйства министерства транспорта Российской Федерации – 130 с.

12. ГОСТ 25607—2019 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. Утвержден 21.10.2019 МНТКС. 9 с.

13. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. Введ. 01.05.2006 Москва: Стандартинформ, 2006. 3 с.

14. ГОСТ Р 52399-2005 Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006. 8 с.

15. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – 21 с.

16. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – 56 с.

17. Роза ветров [Электронный ресурс] : Свободная энциклопедия «Википедия». – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Роза_ветров.

18. Направление и скорость ветра [Электронный ресурс] : Сайт с учебными материалами для студентов, обучающихся по профилю "Автомобильные дороги". – Режим доступа: http://road-project.okis.ru/file/road-project/Literature/Wind.pdf.

19. Правила охраны труда при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [Электронный ресурс] : Сайт с нормами охраны труда ". – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200006786

ПРИЛОЖЕНИЕ - А

Таблица - Ведомость объёмов земляных работ

ПК+	Расстояние, м	Рабочая отметка, м	Насыпь, м³	Выемка, м³
0+00		1,28		
1+00	100	1,86	1962	139
2+00	100	1,60	2320	138
3+00	100	1,85	2315	137
4+00	100	1,89	2666	139
5+00	100	2,39	3440	69
6+00	100	3,49	4633	0
7+00	100	3,63	5337	0
8+00	100	3,51	5612	0
9+00	100	3,50	5415	0
10+00	100	3,59	5648	0
11+00	100	1,50	3959	69
12+00	100	1,58	1847	140
13+00	100	1,77	2175	147
14+00	100	1,93	2570	147
15+00	100	1,04	1731	146
16+00	100	1,34	1077	147
17+00	100	1,15	1204	136
18+00	100	1,82	1740	128
19+00	100	2,02	2779	134
19+48	48	2,26	1639	54
20+00	52	1,58	1597	42
21+00	100	1,02	1632	113
21+48	48	1,18	453	70

Продолжение приложения А

22+00	52	1,52	757	73
23+00	100	2,59	3327	69
24+00	100	3,22	5135	0
25+00	100	3,44	5247	0
26+00	100	3,78	5382	0
26+37	37	3,25	2235	0
27+00	63	2,83	3715	0
28+00	100	2,43	4841	0
28+37	37	1,98	1321	28
29+00	63	2,06	1926	91
30+00	100	2,14	3247	145
31+00	100	2,21	3444	110
31+03	3	2,22	114	1
32+00	97	2,17	3409	33
33+00	100	2,46	3878	35
34+00	100	2,19	3950	36
35+00	100	2,15	3540	73
36+00	100	2,23	3561	73
37+00	100	1,27	2450	112
38+00	100	1,57	1625	146
38+37	37	1,71	764	52
39+00	63	1,46	1310	90
40+00	100	1,47	1858	135
41+00	100	1,60	1895	134
42+00	100	1,60	1945	146
43+00	100	1,61	1984	146
44+00	100	1,50	2002	137
45+00	100	2,36	2950	69
46+00	100	2,67	4515	0
47+00	100	2,92	5436	0
48+00	100	2,90	5778	0
49+00	100	2,22	4659	36
50+00	100	1,74	3148	108
51+00	100	1,50	2244	142
51+36	36	1,28	558	50
Всего:			**167901**	**4365**

ПРИЛОЖЕНИЕ - Б

Таблица - Ведомость скважин

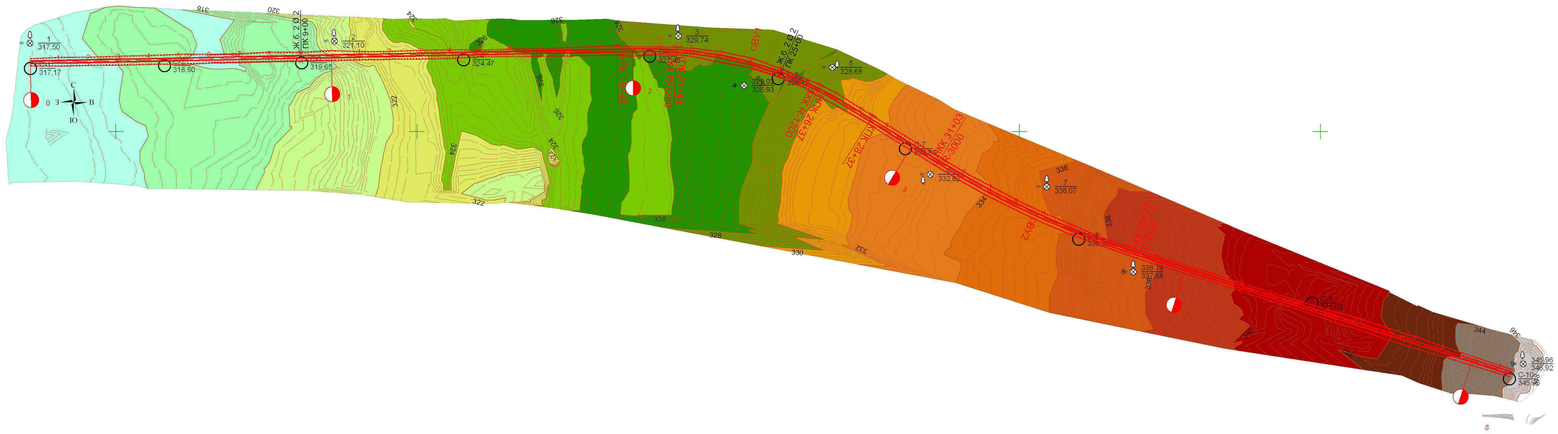
Наименование и номер скважины	Координаты устья скважины		Привязка к оси трассы			Глубина кважины, м	ологического слоя, м	Абсолютная тметка устья, м
	X	Y	ПК+	влево	вправо			
С-1	2210	1716	0+00		20	5	5	317
С-2	2219	2161	4+45		20	5	5	319
С-3	2228	2616	9+00		20	5	5	320
С-4	2239	3154	14+38		20	5	5	324
С-5	2250	3773	20+58		20	5	5	327
С-6	2176	4200	25+00		20	5	5	328
С-7	1943	4622	29+87		20	5	5	333
С-8	1643	5197	36+34		20	5	5	336
С-9	1430	5972	44+35	20		5	5	342
С-10	1178	6627	51+36		20	5	5	346
Общий объём буровых и шурфовочных работ, м						**50**		

ПРИЛОЖЕНИЕ - В

Таблица – Ведомость реперов

№ п. п.	Местоположение						Название	Отметка репера абсолютная, м	Отметка земли, м	Тип репера
	ПК+	лево	право	X	Y	Z				
1	0+00	64		2294	1715	317,50	1	317,50	317,50	Временный
2	10+10	50		2300	2725	321,10	2	321,10	321,10	Временный
3	21+48	50		2317	3867	329,74	3	329,74	329,75	Временный
4	23+95		77	2153	4086	329,02	4	329,02	326,93	Временный
5	26+45	87		2213	4379	328,68	5	328,68	328,68	Временный
6	31+02		50	1857	4704	332,82	6	332,82	333,02	Временный
7	34+65	98		1817	5091	336,07	7	336,07	336,07	Временный
8	38+39		61	1534	5379	338,79	8	338,79	337,68	Временный
9	51+36	50		1228	6673	345,96	9	345,96	346,92	Временный

План трассы



Ведомость углов поворота, прямых и кривых плана трассы

ШИФР:
Наименование проекта:
Объект: Подъезд к Терехте

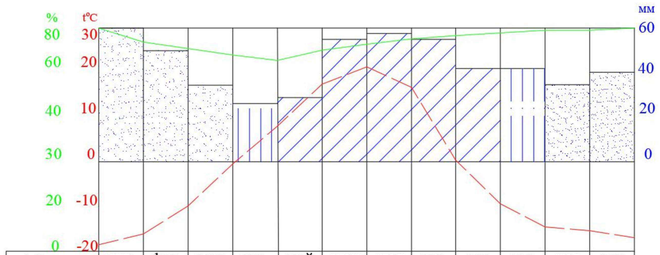
Точка	Положение вершины угла			Координаты		Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы кривой, м					Положение переходных кривых						Расстояние между вершинами, м	Длина прямой, м
														начало		конец		начало		конец			
	км	пк	+	X	Y	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые		круговая кривая	биссект-риса	пк	+	пк	+	пк	+	пк	+		
НТ	0	0	0	2230	1716	—	—																	
																						2403	1948
ВУ1	2	24	3	2278	4118	—	32°53'28"	1200	455	455	200	200	489	53	19	48	21	48	26	37	28	37		
																						1089	266
ВУ2	3	34	72	1705	5045	14°00'41"	—	3000	369	369	0	0	734	23	31	3	31	3	38	37	38	37		
																						1668	1299
КТ	5	51	36	1197	6633	—	—																	

Ведомость реперов

ШИФР:
Наименование проекта:
Объект: Подъезд к Терехте

№ п. п.	Местоположение						Название	Отметка репера абсолютная, м	Отметка земли, м	Тип репера
	ПК+	лево	право	X	Y	Z				
1	0+00	64		2294	1715	317,50	1	317,50	317,50	Временный
2	10+10	50		2300	2725	321,10	2	321,10	321,10	Временный
3	21+48	50		2317	3867	329,74	3	329,74	329,75	Временный
4	23+95		77	2153	4086	329,02	4	329,02	326,93	Временный
5	26+45	87		2213	4379	328,68	5	328,68	328,68	Временный
6	31+02		50	1857	4704	332,82	6	332,82	333,02	Временный
7	34+65	98		1817	5091	336,07	7	336,07	336,07	Временный
8	38+39		61	1534	5379	338,79	8	338,79	337,68	Временный
9	51+36	50		1228	6673	345,96	9	345,96	346,92	Временный

Дорожно-климатический график



Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Осадки, мм	60	49	38	32	36	56	59	56	40	40	36	42
Температура, t°C	-19,5	-18,5	-11,8	-0,3	+7,6	+14,9	+17,2	+14,0	+8,1	+0,2	-10,2	-17,5
Влажность, %	81	80	76	65	57	64	74	75	74	78	84	83
Ветер	↗	↓	↘	↘	↓	↓	↘	←	↙	↘	↑	↗

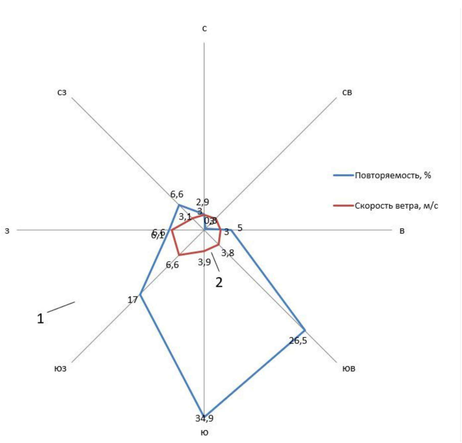
Температура, t°C
Влажность, %
— Дождевые осадки, мм
— Снеговые осадки, мм
— Смешанные осадки, мм

Скважина №1

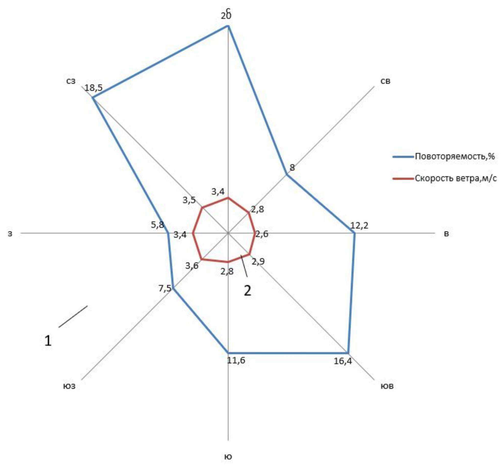
Тип скважины: Разведочная
Способ бурения: Колонковый
Дата бурения: нет данных
Диаметр скважины, мм: 127
Общая глубина, м: 5,00
Абсолютная отметка устья, м: 317,17
Координатная привязка, м: (2209,770, 1716,328)
Пикетное положение, м: 0+00, вправо 20,00

Номер слоя	Глубина залегания слоя, м от	до	Абсолютная отметка подошвы слоя, м	Мощность слоя, м	Описание грунта	Разрез скважины М 1:50	Точки отбора образцов	Глубина подземных вод, м Дата замера
1	0,00	0,80	316,37	0,80	Насыпные			
2	0,80	2,50	314,67	1,70	Супесь			
3	2,50	3,70	313,47	1,20	Дресва			
4	3,70	5,00	312,17	1,30	Глина			

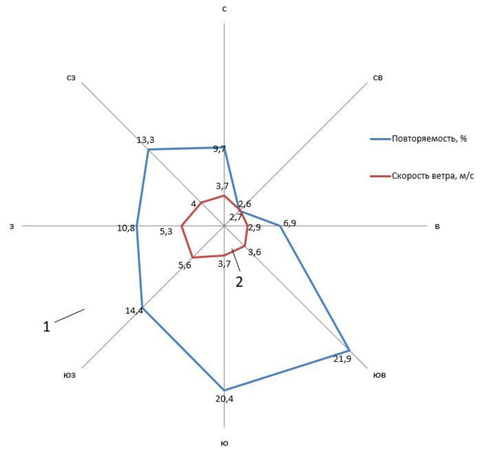
Роза ветров за январь



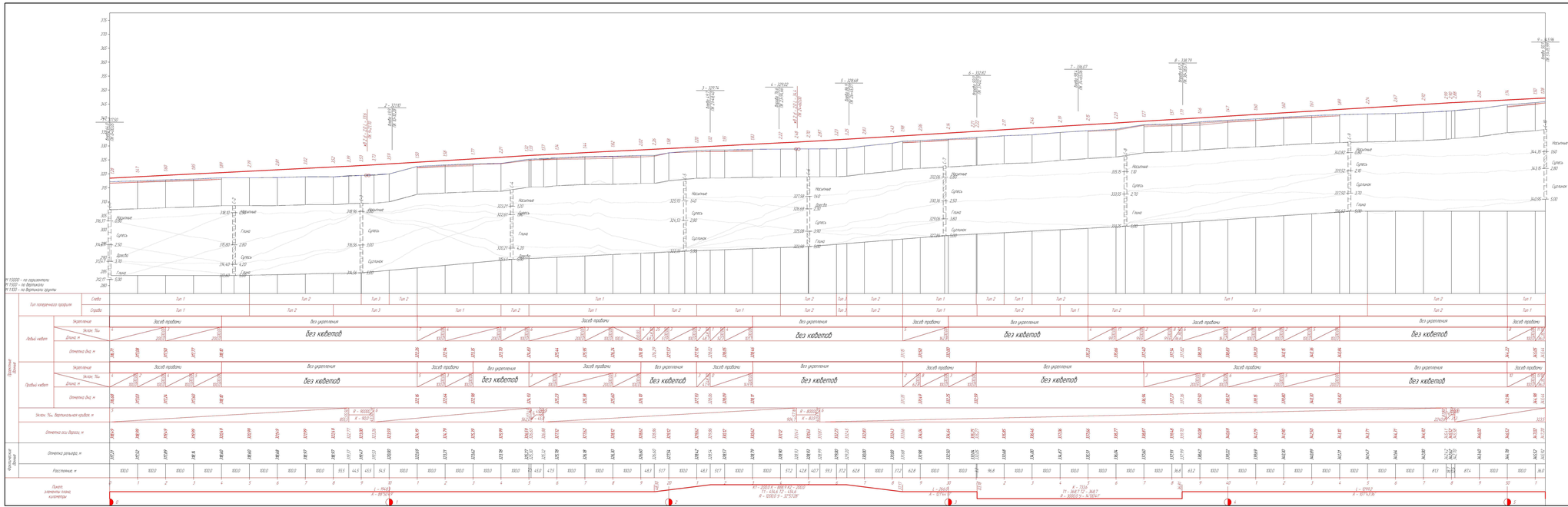
Роза ветров за июль



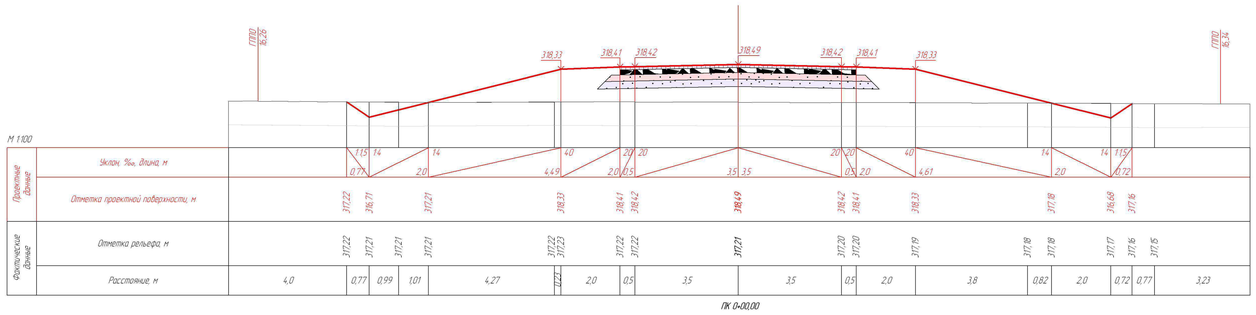
Роза ветров, годовая



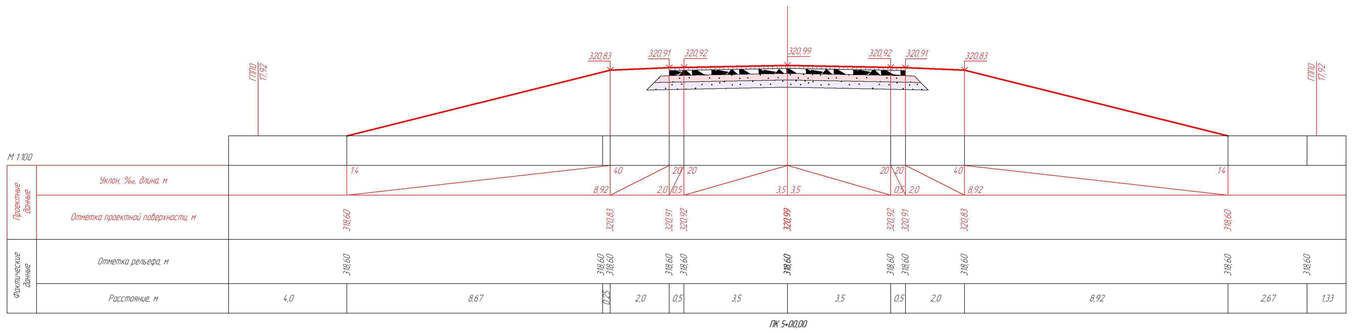
							ВКР-08.03.01.00.15-2020			
							Сибирский федеральный университет. Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подп.	Дата					
Разраб.		Морозов А.Н.					Подъезд к Терехте	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Журавлев В.Ю.						У	1	6
Н.Контр.							План трассы. Ведомость углов поворота. Ведомость реперов. Розы ветров. Дорожно-климатический график. Скважина №1	АД и ГС		
Зав. каф.		Сербатинский В.В.								


1 - 329.74
Радиус 4000
Ø 4°18'20"
Т 150.24
К 299.96
Д 1.50
2 - 321.81
Радиус 4000
Ø 2°30'00"
Т 87.51
К 174.98
Д 0.78
3 - 329.74
Радиус 4000
Ø 4°18'20"
Т 150.24
К 299.96
Д 1.50
4 - 329.09
Радиус 4000
Ø 4°17'40"
Т 149.92
К 299.83
Д 1.50
5 - 328.68
Радиус 4000
Ø 3°44'00"
Т 130.49
К 260.93
Д 1.30
6 - 332.62
Радиус 4000
Ø 4°46'20"
Т 166.72
К 333.37
Д 1.67
7 - 336.07
Радиус 4000
Ø 5°12'20"
Т 183.08
К 366.08
Д 1.83
8 - 338.79
Радиус 4000
Ø 5°30'00"
Т 192.98
К 385.88
Д 1.93
9 - 329.96
Радиус 4000
Ø 4°43'00"
Т 164.98
К 329.86
Д 1.65
Тип поперечного профиля
Слева
Справа
Тип 1
Тип 2
Тип 3
Засев прайри
без укрепления
без кюветов
Левый кювет
Правый кювет
Укрепление
Уклон, ‰
Длина, м
Отметка дна, м
Уклон, ‰ вертикальной кривой, м
Отметка оси дороги, м
Отметка земли, м
Расстояние, м
Пикет
Элементы плана, километры
I = 14.69
K = 80°59'9
I = 0.00
K = 180°0'0
I = 39.43
K = 97°44'3
I = 0.00
K = 180°0'0
I = 0.00
K = 180°0'0
I = 39.43
K = 97°44'3

Тип 1 – Насыпь высотой до 2м с кюветами, крутизна откосов 1:4



Тип 2 – Насыпь высотой от 2 до 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:4



Тип 3 – Насыпь высотой более 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:1,5

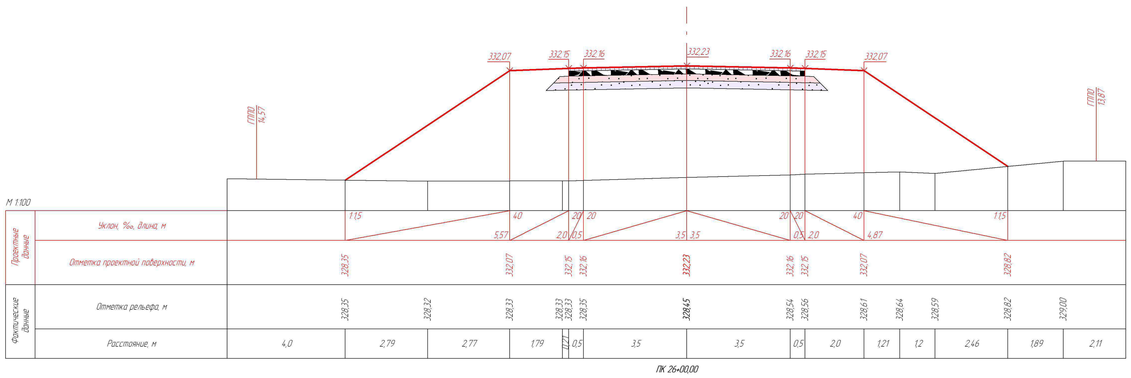


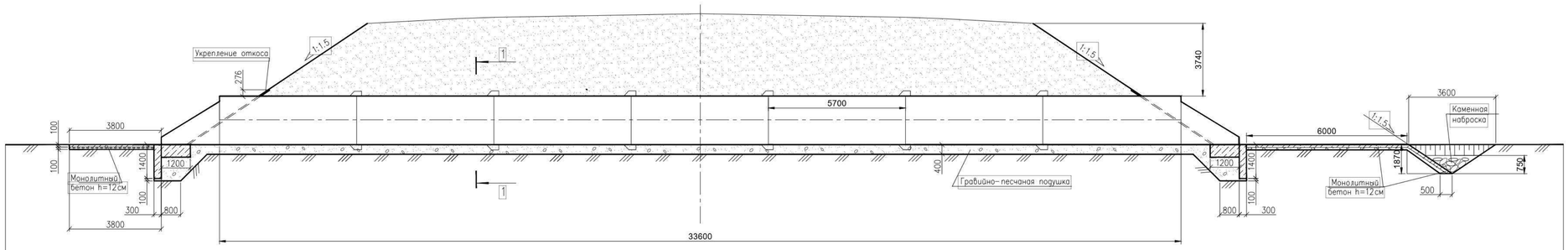
Таблица привязки поперечных профилей

Тип поперечного профиля	Описание поперечного профиля	Пикетажное положение	
		слева	справа
1	Насыпь с высотой до 2 м с кюветами, крутизна откосов 1:4	ПК 0+00-ПК 5+00; ПК 11+00- ПК 24+00; ПК 28+37- ПК 31+00; ПК 32+00- ПК 33+00; ПК 35+00- ПК 45+00; ПК 50+00- ПК 51+36.	ПК 0+00-ПК 5+00; ПК 11+00- ПК 14+00; ПК 15+00 – ПК 19+ 48; ПК 21+00- ПК 24+00; ПК 28+37 – ПК 31+03; ПК 34+00- ПК 35+00; ПК 37+00- ПК 45+00, ПК 50+00- ПК 51+36.
2	Насыпь высотой от 2 м до 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:4	ПК 5+00 - ПК 6+44; ПК 10+00 – ПК 11+00; ПК 24+00-ПК 26+00; ПК 26+37-ПК 28+ 37; ПК 31+00 – ПК 32+00; ПК 33+00 – ПК 35+00; ПК 45+00 – ПК 50+00.	ПК 5+00 - ПК 8+00; ПК 14+00 – ПК 15+00; ПК 19+48-ПК 21+00; ПК 24+00-ПК 26+00; ПК 26+37-ПК 28+ 37; ПК 31+03- ПК 34+00; ПК 35+00 – ПК 37+00; ПК 45+00 – ПК 50+00.
3	Насыпь высотой более 3 м без кюветов, крутизна откосов 1:1,5	ПК 9+00 – ПК 10+00; ПК 26+00 – ПК 26 + 37.	ПК 8+00 – ПК 11+00; ПК 26+00 – ПК 26+37.

							ВКР-08.03.01.00.15-2020
							Сибирский федеральный университет. Инженерно-строительный институт
Изм.	Колич.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Морозов А.Н.				Подъезд к Терехте	Стадия: У; Лист: 3; Листов: 6
Проверил		Журавлев В.Ю.					
Н.Контр.						Типы поперечных профилей	АД и ГС
Зав. каф.		Сербатинский В.В.					

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

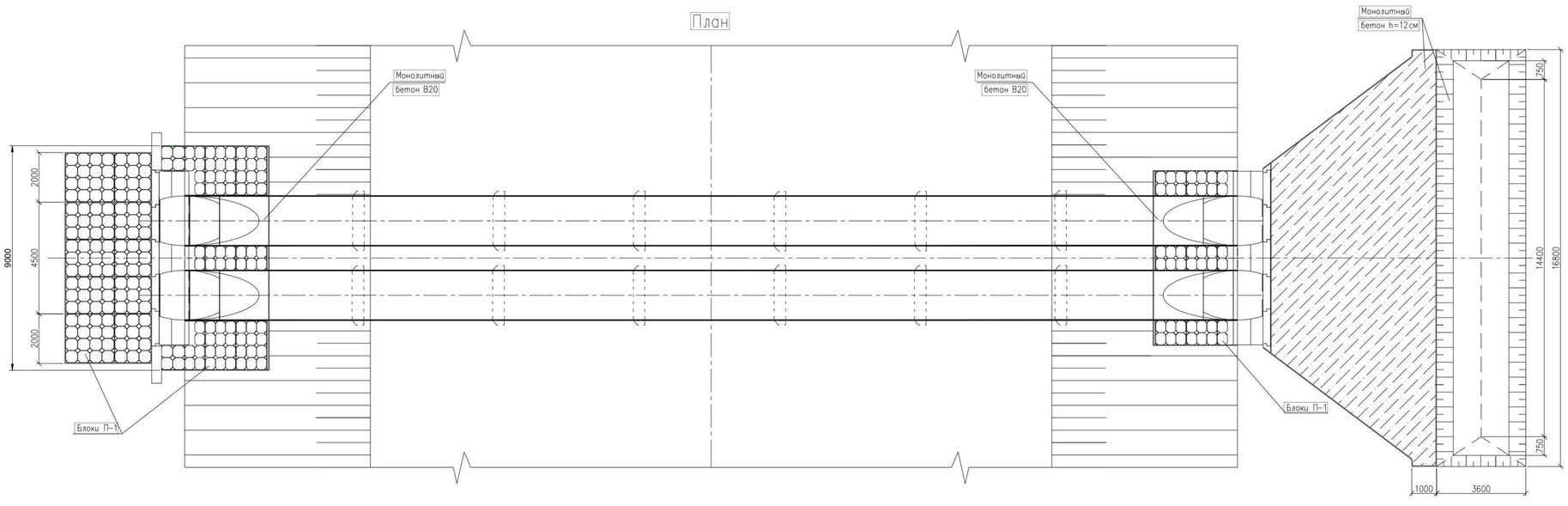
Разрез по оси трубы



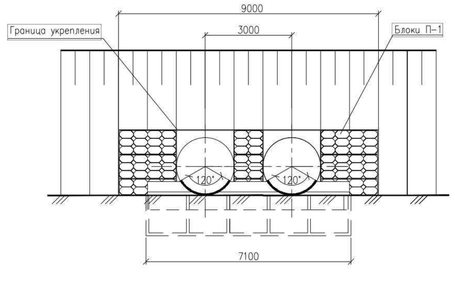
Масштабы:
М 1:100 - по горизонтали
М 1:100 - по вертикали

Проектные данные	Уклон,‰	40		20		20						20		20		40		
	Длина,м		2,0		0,5		3,5		3,5				0,5		2,0			
	Отметка проектной поверхности, м	322,84		322,92		322,93		323,00				322,93		322,92		322,84		
Фактические данные	Отметка рельефа, м	319,41		319,44		319,45		319,50				319,44		319,43		319,46		
	Расстояние, м		2,0		0,5		3,5		3,5				0,5		2,0			

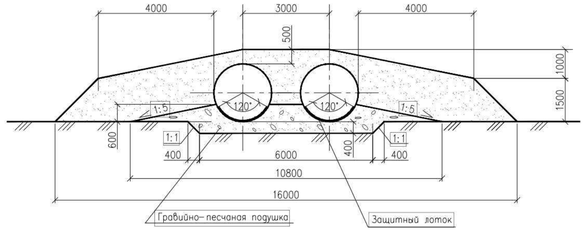
План



Фасад входного оголовка

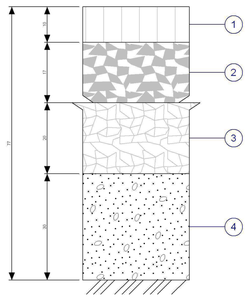


1 – 1

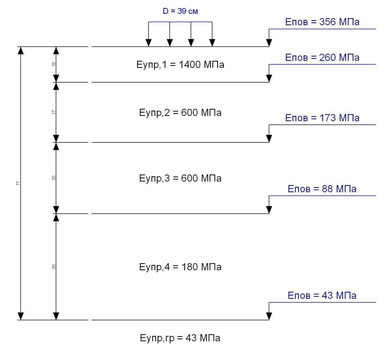


						ВКР-08.03.01.00.15-2020			
						Сибирский Федеральный Университет. Инженерно-строительный институт			
Изм	Кол.уч	Лист	№ док	Подпись	Дата				
Разработал		Морозов А.Н.				Подъезд к Терехте	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Журавлев В.Ю.					У	4	6
Н.Контр.						Разрез по оси трубы	АДиГС		
Заф. каф.		Сервятинский В.В.							

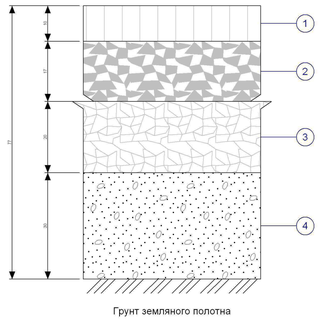
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Морозоустойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
Вариант № 1	1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130		Eупр = 1400	Eсдв = 561	Eизг = 2200 Ктр = 1,000 Красч = 1,587 Запас = 59%	Eпов = 356 Ктр = 1,170 Красч = 1,300 Запас = 11%	
	2. Конструктивный слой № 2 — Щебень чёрный для покрытий устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией		Eупр = 600	Eсдв = 600	Eизг = 600	Eпов = 260	
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки		Eупр = 600	Eсдв = 600	Eизг = 600	Eпов = 173	
	4. Конструктивный слой № 4 — Подобранная песчано-гравийная смесь № С1 (ГОСТ 25607)		Eупр = 180	Eсдв = 180 Ктр = 1,000 Красч = 4,420 Запас = 342%	Eизг = 180	Eпов = 88	
	Грунт земляного полотна — Супесь лёгкая		Eупр = 43	Eсдв = 43 Ктр = 1,000 Красч = 1,290 Запас = 29%		Eпов = 43	Lдоп = 4 см Lлуч = 2 см Запас = 2 см

Расчётная схема



Конструктивная схема



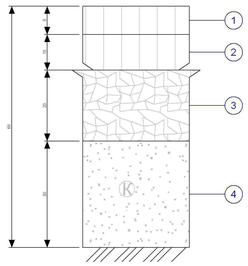
Грунт земляного полотна

1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130

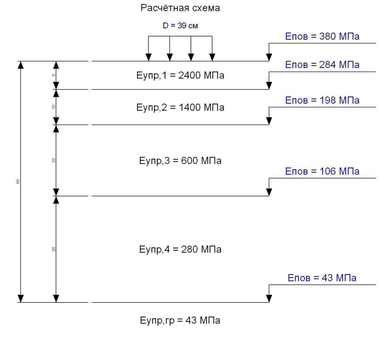
2. Конструктивный слой № 2 — Щебень чёрный для покрытий устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией

3. Конструктивный слой № 3 — Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки

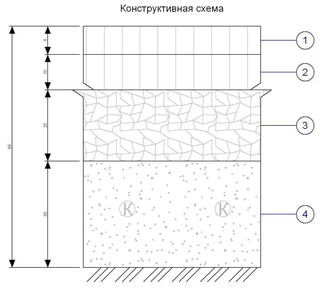
4. Конструктивный слой № 4 — Подобранная песчано-гравийная смесь № С1 (ГОСТ 25607)

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Расчётные характеристики			Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Морозоустойчивость
			Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа		
Вариант № 2	1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-90/130		Eупр = 2400	Eсдв = 550	Eизг = 3600	Eпов = 380 Ктр = 1,170 Красч = 1,390 Запас = 19%	
	2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130		Eупр = 1400	Eсдв = 612	Eизг = 2200 Ктр = 1,000 Красч = 1,499 Запас = 50%	Eпов = 284	
	3. Конструктивный слой № 3 — Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки		Eупр = 600	Eсдв = 600	Eизг = 600	Eпов = 198	
	4. Конструктивный слой № 4 — Пески гравелистые крупные средние обработанные органическими вяжущими жидкими или вязкими, в том числе эмульгированными		Eупр = 280	Eсдв = 280	Eизг = 280	Eпов = 106	
	Грунт земляного полотна — Супесь лёгкая		Eупр = 43	Eсдв = 43 Ктр = 1,000 Красч = 1,030 Запас = 3%		Eпов = 43	Lдоп = 4 см Lлуч = 2 см Запас = 2 см

Расчётная схема



Конструктивная схема



Грунт земляного полотна

1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-90/130

2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130

3. Конструктивный слой № 3 — Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки

4. Конструктивный слой № 4 — Пески гравелистые крупные средние обработанные органическими вяжущими жидкими или вязкими, в том числе эмульгированными

Технико-экономическое сравнение вариантов конструкции дорожной одежды

Наименование материала	Ед. изм.	Стоимость, ед. изм., тыс. ₽	Расход материалов на 1000 п.м.			
			1 вариант		2 вариант	
			Количество	Стоимость, тыс. ₽	Количество	Стоимость, тыс. ₽
Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из мелкозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	м³	0,63	1200	756	—	—
Щебень чёрный для покрытий устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией	м³	0,34	2040	693,6	—	—
Щебень чёрный для оснований, уложенный по способу заклинки	м³	0,28	2400	672	2400	672
Подобранная песчано-гравийная смесь № С1 (ГОСТ 25607)	м³	0,32	3600	1152	—	—
Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-90/130	м³	0,68	—	—	960	652,8
Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	м³	0,48	—	—	1200	576
Пески гравелистые крупные средние обработанные органическими вяжущими жидкими или вязкими, в том числе эмульгированными	м³	1	—	—	3600	3600
Итоговая стоимость:	—	—	—	3273,6	—	5500,8

Исходные данные

Название объекта	Подъезд к Терехте		
Район проектирования	Ужурский район		
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость		
Техническая категория дороги	III категория	Схема увлажнения	Схема 1
Тип дорожной одежды	Капитальный	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Расчётная влажность грунта Wp	0,80	Суммарное число приложений нагрузки	400000
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	115 / 0,80 / 39	Расчётное количество дней в году Трдг	140
Заданная надёжность Кн	0,95	Расчётный срок службы Тсл, лет	20
Дорожно-климатическая зона	III - подзона 1	Глубина промерзания грунтов, м	2,76

Показатель изменения интенсивности: 1,04

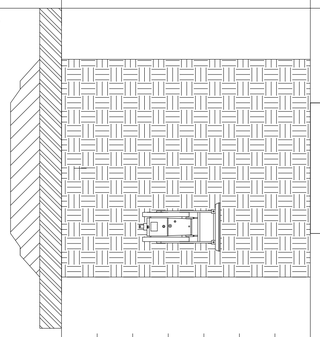
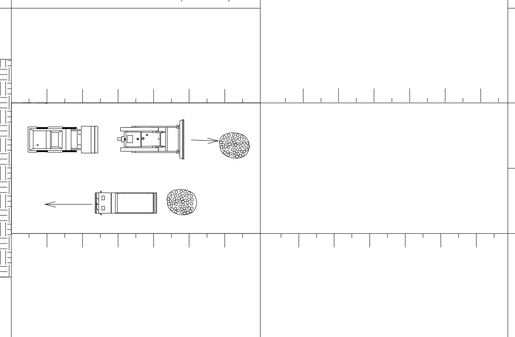
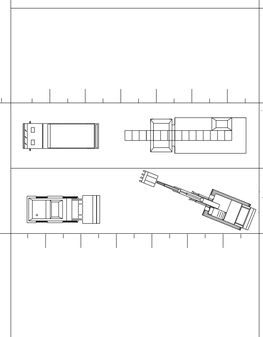
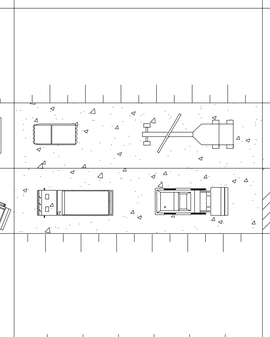
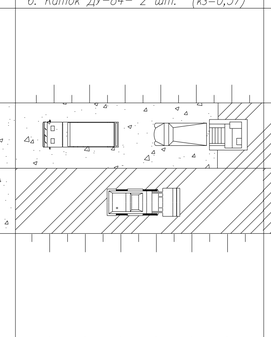
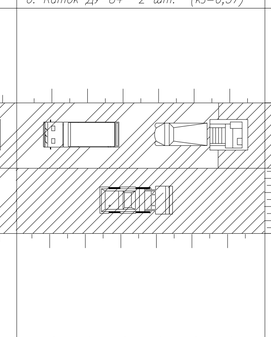
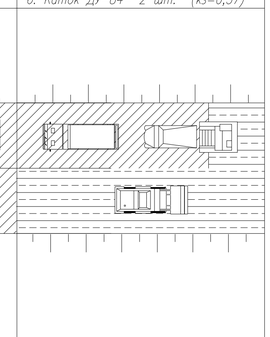
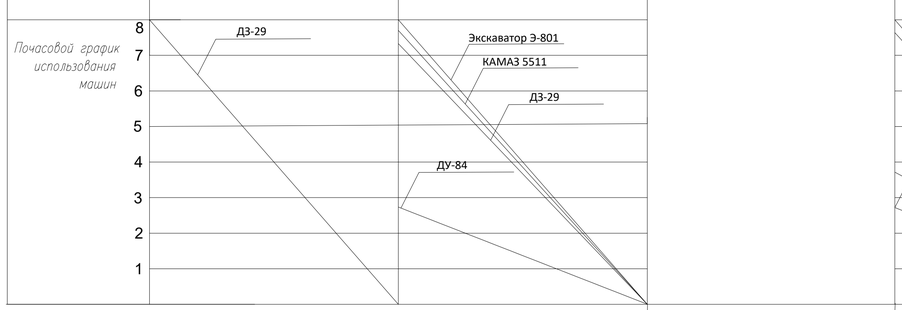
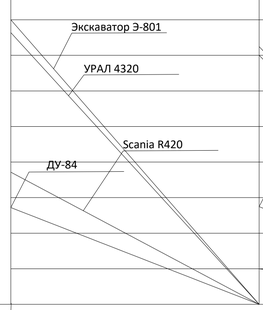
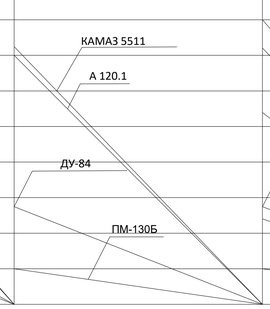
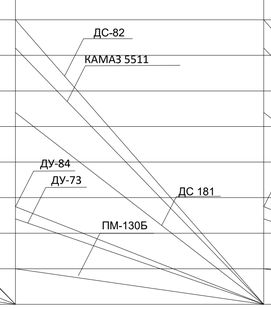
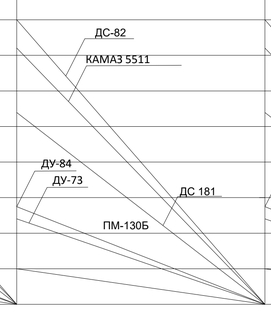
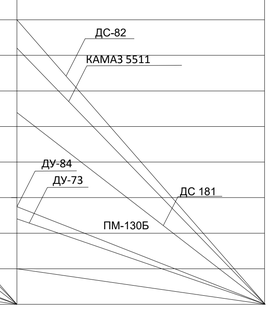
Суммарное число приложений нагрузки: 400000

Требуемый модуль упругости: 274

						ВКР-08.03.01.00.15-2020	
						Сибирский федеральный университет. Инженерно-строительный институт	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Морозов А.Н.				Подъезд к Терехте	Стадия: У; Лист: 5; Листов: 6
Проверил		Жидовлев В.Ю.					
Н.Контр.		Сербатинский В.В.				Дорожные одежды	АД и ГС
Зав. каф.		Сербатинский В.В.					

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Технологическая схема возведения земляного полотна и дорожной одежды

Виды работ	Устройство основания	Устройство насыпи земляного полотна		Установка железобетонной трубы	Устройство нижнего слоя основания	Устройство верхнего слоя основания	Устройство нижнего слоя дорожной одежды	Устройство верхнего слоя дорожной одежды
№ захватки	I	II		III	IV	V	VI	VII
Длина захватки, м	650	482		525	700	583	647	717
№ операций	1	2, 3, 4, 5		6, 7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14, 15, 16, 17, 18, 19	20, 21, 22, 23, 24, 25	26, 27, 28, 29, 30, 31
Технологические процессы	1. Разработка грунта основания	1. Разработка грунта в карьере 2. Транспортировка грунта. 3. Перемещение и разравнивание грунта 4. Уплотнение слоя насыпи катком ДУ-84	Технологический перерыв 3 дня. Установка водопропускной трубы	1.Транспортировка железобетонной трубы 2. Установка железобетонной трубы 3. Засыпка грунтом 4. Уплотнение грунта катком	1.Очистка нижнего слоя от пыли и грязи 2. Транспортировка ПГС 3. Распределение ПГС автогрейдером 4. Уплотнение ПГС катком	1.Очистка нижнего слоя основания от пыли и грязи 2. Распределение битума автогудронатором 3. Транспортировка щебня черного для оснований 4. Распределение щебня асфальтоукладчиком 5. Уплотнение щебня средним катком 6. Уплотнение щебня тяжелым катком	1.Очистка верхнего слоя основания от пыли и грязи 2. Распределение битума автогудронатором 3. Транспортировка щебня черного 4. Распределение щебня асфальтоукладчиком 5. Уплотнение щебня средним катком 6. Уплотнение щебня тяжелым катком	1.Очистка нижнего слоя дорожной одежды от пыли и грязи 2. Распределение битума автогудронатором 3. Транспортировка ПАБ 4. Распределение ПАБ асфальтоукладчиком 5. Уплотнение ПАБ средним катком 6. Уплотнение ПАБ тяжелым катком
Наименование машин и механизмов	1. Бульдозеры ДЗ -29 – 2 шт. (кз=1,0)	1. Экскаватор Э-801 – 1 шт (кз=1,0) 2. Автосамосвал КАМАЗ 5511 – 9 шт. (кз=0,92) 3. Бульдозеры ДЗ -29 – 2 шт. (кз=0,81) 4. Каток ДУ-84 – 2 шт. (кз=0,37)		1. Трал Scania R420 – 1 шт (кз=0,42) 2. Кран УРАЛ 4320 – 1 шт (кз=0,94) 3. Экскаватор – 1 шт (кз=1.0) 4. Каток ДУ-84 – 1 шт. (кз=0.37)	1. Уборочная машина ПМ- 130 Б – 1 шт. (кз=0,17) 2. Автосамосвал КАМАЗ 5511 – 9 шт. (кз=0,92) 3. Автогрейдер А 120.1 – 1 шт. (кз=0,90) 4. Каток ДУ-84- 2 шт. (кз=0,37)	1. Уборочная машина ПМ- 130 Б – 1 шт. (кз=0,17) 2. Автогудронатор ДС-82 (кз=1) 3. Автосамосвал КАМАЗ 5511 – 3 шт. (кз=0,92) 4. Асфальтоукладчик ДС 181 (кз=0,67) 5. Каток ДУ-73- 2 шт. (кз=0,33) 6. Каток ДУ-84- 2 шт. (кз=0,37)	1. Уборочная машина ПМ- 130 Б – 1 шт. (кз=0,17) 2. Автогудронатор ДС-82 (кз=1) 3. Автосамосвал КАМАЗ 5511 – 3 шт. (кз=0,92) 4. Асфальтоукладчик ДС 181 (кз=0,67) 5. Каток ДУ-73- 2 шт. (кз=0,33) 6. Каток ДУ-84- 2 шт. (кз=0,37)	1. Уборочная машина ПМ- 130 Б – 1 шт. (кз=0,17) 2. Автогудронатор ДС-82 (кз=1) 3. Автосамосвал КАМАЗ 5511 – 3 шт. (кз=0,92) 4. Асфальтоукладчик ДС 181 (кз=0,67) 5. Каток ДУ-73- 2 шт. (кз=0,33) 6. Каток ДУ-84- 2 шт. (кз=0,37)
План потока								
				Временная автомобильная дорога				
Почасовой график использования машин								

					ВКР-08.03.01.15-2020	
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разраб.		Морозов А.Н.			Подъезд к Терехте	Стадия: У; Лист: 6; Листов: 6
Проверил		Журавлев В.Ю.				
Зав. кафед		Сарбатинский В.В.			Технологическая схема возведения земляного полотна	АДиГС

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 инициалы ,фамилия
« 29 » июня 20 20 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги»

"Проект реконструкции участка автомобильной дороги "Подъезд к Терехте" Ужурский район"

Руководитель _____ _____ В.Ю. Журавлев
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.Н. Морозов
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2020