

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.В. Серватинский

подпись

«23» июня 2020 г.


**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**08.03.01 «Строительство»**

**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект производства работ по капитальному ремонту  
автомобильной дороги Абан-Держинское

Руководитель



подпись, дата

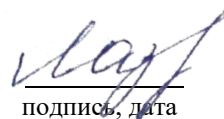
Доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Сабинин.В.Л

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

Лазецкий. Н.А

инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(институт)

Автомобильные дороги и городские сооружения

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.В.Серватинский

(подпись) (инициалы, фамилия)

« 06 » апреля 2020 г.

### ЗАДАНИЕ

### НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы  
(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту (ке) Лазицкому Никите Алексеевичу

(фамилия, имя, отчество студента(ки))

Группа ДС16-11БП Направление (специальность) 08.03.01

(код)

Автомобильные дороги

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы:

Проект производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги  
Абан - Дзержинское

Утверждена приказом по университету № 485/с от 22.01.2020 г.

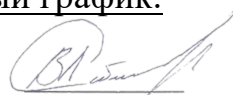
Руководитель ВКР В.Л.Сабинин., канд.техн.наук, доцент кафедры АД и ГС  
ИСИ СФУ

Исходные данные для ВКР: Технологический проект по капитальному ремонту  
автомобильной дороги Абан-Дзержинское

Перечень разделов ВКР 1. Природные условия района проектирования. 2. Анализ  
существующей дороги. 3. Деталь. Условия строительства дорог через болота. 4.  
Особенности технологии процесса по возведению насыпи на болоте. 5. Устрой-  
ство торфоприемников на болоте. 6. Технология сооружения земляного полотна  
методом частичного выторфовывания. 7. Определение производительности  
строительной техники и расчет сменных объёмов работ.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных  
чертежей, плакатов, слайдов Лист 1: План трассы. Лист 2: Продольный профиль.  
Лист 3: Поперечный профиль. Лист 4: График аварийности. Лист 5: Дорожная  
одежда. Лист: 6 Болото на участке ПК 50+00 по ПК 52+50. Лист 7: Болото на  
участке ПК 91+50 по ПК 95+36. Лист 8: Земляное полотно до и после консоли-  
дации на участке ПК 91+50 по ПК 95+36. Лист: 9 Земляное полотно до и после  
консолидации на участке ПК 50+00 по ПК 52+50. Лист 10: Технологические  
схемы. Лист:11 Календарный график.

Руководитель ВКР



(подпись)

В.Л.Сабинин

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению



(подпись, инициалы и фамилия студента)

Н.А. Лазицкий

« 06 » апреля 2020 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Природные условия района проектирования.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Рельеф.....	7
1.3 Растительность и почвы.....	8
1.4 Инженерно-геологические условия.....	8
1.5 Гидрологические условия.....	8
1.6 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов.....	9
1.7 Заключение по природным условиям.....	9
2 Анализ существующей дороги.....	10
2.1 План трассы.....	10
2.2 Земляное полотно.....	10
2.3 Искусственные сооружения.....	11
2.4 Дорожная одежда.....	11
2.5 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности.....	12
2.6 Определение категории дороги и расчетной скорости движения автомобилей.....	12
2.7 Основные технические показатели автомобильной дороги.....	15
2.8 Обоснование руководящих отметок.....	17
3 Деталь. Условия строительства дорог через болота.....	20
3.1 Классификация болотных грунтов.....	20
3.2 Данные изысканий, необходимые для проектирования земляного полотна на болотах.....	21
3.3 Болотные грунты на участках автомобильной дороги.....	21
4 Особенности технологии процесса по возведению насыпи на болотах....	24
4.1 Основные технические показатели болот на рассматриваемых участках.....	24
4.1.1 Определение осадки насыпи на участке ПК 50+00 по ПК 52+50.....	25
4.1.2 Определение осадки насыпи на участке ПК 91+50 по ПК 95+36.....	30
4.2.1 Определение продолжительности осадки насыпи на участке ПК 50+00 по ПК 52+50.....	34
4.2.2 Определение продолжительности осадки насыпи на участке ПК 50+00 по ПК 52+50.....	35
4.3 Внедрение решений проектирования земляного полотна.....	36
5 Устройство торфоприемников на болотах.....	38
5.1 Конструкция торфоприемников.....	38
5.2 Способы возведения насыпи с использованием торфоприемников.....	39
6 Технология сооружения земляного полотна методом частичного выторфовывания.....	41
6.1 Контроль качества и приемка работ по возведению земляного полотна на болотах.....	40

6.2 Техника безопасности при возведении земляного полотна на болотах.....	44
7 Определение производительности строительной техники и расчет сменных объемов работ.....	45
7.1 Определение объёмов земляных работ.....	45
7.2 Определение производительности машин и длин захваток для участка ПК 50+00 по ПК 52+50.....	46
7.3 Определение производительности машин и длин захваток для участка ПК 91+50 по ПК 95+36.....	47
Заключение.....	48
Список использованных источников.....	49
Приложение А. Ведомость земляных работ по возведению насыпи на участке ПК 50+00 по 52+50.....	50
Приложение Б. Ведомость земляных работ по срезки лишнего слоя насыпи на ПК 50+00 по ПК 52+50.....	51
Приложение В. Ведомость земляных работ по возведению насыпи на участке ПК 91+50 по 95+36.....	52
Приложение Г. Ведомость земляных работ по срезки лишнего слоя насыпи на ПК 91+50 по ПК 95+36.....	53
Приложение Д. Состав отряда по возведению земляного полотна на участке ПК 50+00 по ПК 52+50.....	54
Приложение Е. Состав отряда по возведению земляного полотна на участке ПК 91+50 по ПК 95+36.....	55
Приложение Ж. Ведомость земляных работ.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

Кроме того, за долгий срок службы происходит постепенная смена автомобилей с существенным изменением их динамических свойств, изменяются взгляды водителей и пассажиров на комфортность движения, что приводит к повышению требований к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам дорог, а также к их обустройству, то есть дороги устаревают морально.

Все это приводит к тому, что наступает момент, когда обычные мероприятия по содержанию и ремонту дороги, выполняемые дорожно-эксплуатационными организациями, уже не обеспечивают выполнение возросших требований к транспортно-эксплуатационным показателям дороги по поддержанию высокой скорости и безопасности движения.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен проект улучшения транспортно-эксплуатационных показателей посредством капитального ремонта участка автомобильной дороги Абан-Дзержинское.

Существующая автомобильная дорога проходит в основном в насыпи от 1,0 м до 1,3 м, в пониженных местах земляное полотно поднято до 3,5 м. Ширина существующего земляного полотна составляет 9 – 12 м. Земляное полотно существующей дороги отсыпано суглинком тяжелым пылеватым с ПК50+00 по ПК81+50, глиной легкой пылеватой с ПК81+50 по ПК90+50, суглинком тяжелым пылеватым слабозаторфованным с ПК90+50 по ПК95+36.

Дорожная одежда – толщиной 0,10-0,20 м из щебенистого грунта. С 49+50 по ПК 77+00 справа по ходу трассы наблюдается проложенный в 20-30 метрах, проложен подземный кабель связи. На ПК 63+72,78 трасса пересекает линию электропередач 10 кв. 3 провода. Столбы ЛЭП деревянные с железобетонными пасынками.

# 1 Природные условия района проектирования

## 1.1 Климат

Климатическая характеристика района изысканий приводится по данным метеорологической станции поселка Абан и СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. Дорожно-климатическая зона – II. Климат района резко континентальный. Зима продолжительная, лето умеренно теплое. Осадки – преимущественно летние. Территория делится на южную лесостепную и северную таёжную зоны

Таблица 1.1 – Ведомость климатических показателей

Показатель		Величина
Абсолютная температура воздуха, °С	минимальная	-51
	максимальная	38
Средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки вероятностью превышения, °С	0,98	-42
	0,92	-40
Преобладающее направление ветра за	Декабрь – февраль	3
	Июнь – август	3
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С	наиболее холодного месяца	10,4
	наиболее теплого месяца	12,9
Средняя месячная относительная влажность воздуха, %	наиболее холодного месяца	77
	наиболее теплого месяца	71
Количество осадков за, мм	ноябрь – март	62
	апрель – октябрь	113
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с		4,5
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с		0
Суточный максимум осадков, мм		82
Глубина промерзания, м		2,53
Высота снегового покрова обеспеченностью 5%, м		0,73

Район находится в восточной части Красноярского края. Площадь района — 9512 км<sup>2</sup>. Территория делится на южную лесостепную и северную таёжную зоны. С запада на восток район протянулся на 124 км, с севера на юг — на 120 км.

Таблица 1.2 – Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Темп., °С	-20,2	-18,7	-10,3	0,7	8,6	16,0	18,8	15,6	8,8	0,4	-10,2	-18,6

Данные графика зимней «розы ветров» используют при определении снегозаносимости дороги. Если угол между направлением трассы дороги и направлением максимальной повторяемости ветра более  $30^\circ$ , то дорога будет заносима снегом, и необходимо заранее планировать мероприятия по снегозащите. График летней «розы ветров» используют при выборе расположения асфальтобетонных заводов, санитарных узлов, а также при назначении берегоукрепительных работ на средних и больших водотоках, когда направление ветра влияет на величину набега волны на откос подходной насыпи.

Данные для построения зимней розы ветров приведены в таблице 1.2. Данные приняты для поселка Абан в соответствии с ведомостью направлений и скоростей ветров. Зимняя роза ветров показана на рисунке 1.1.

Таблица 1.3 – Повторяемость и средняя скорость ветра по румбам (январь)

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	2	2	16	15	3	28	30	4
Скорость, м/с	1,2	1,2	2,3	2,1	1,6	7,3	5,6	2,1

Данные для построения летней розы ветров приведены в таблице 1.3. Данные приняты для города Абан в соответствии с ведомостью направлений и скоростей ветров. Летняя роза ветров показана на рисунке 1.2.

Таблица 1.4 – Повторяемость и средняя скорость ветра по румбам (июль)

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	7	9	19	11	4	15	26	9
Скорость, м/с	2,4	3	3	2,3	2,4	4,2	3,8	3,8

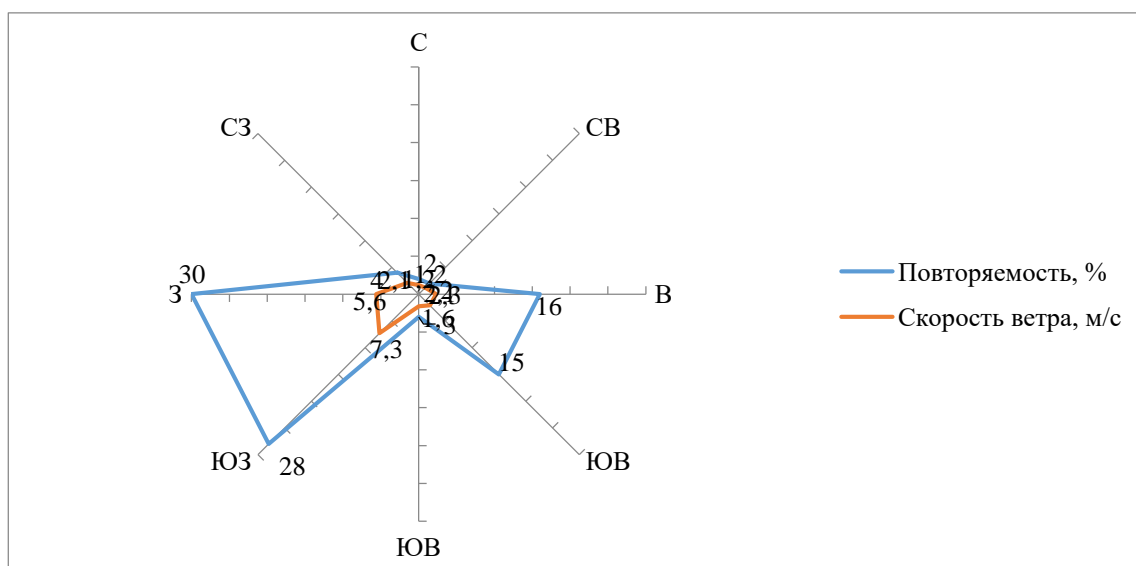


Рисунок 1.1 – Роза ветров (январь)



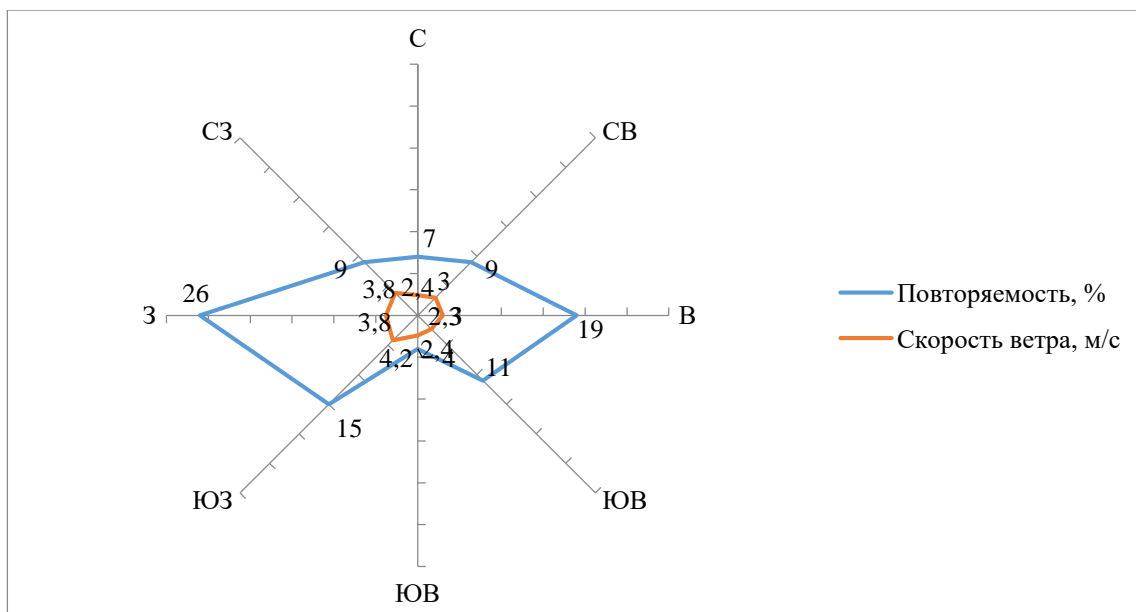


Рисунок 1.2 – Роза ветров (июль)

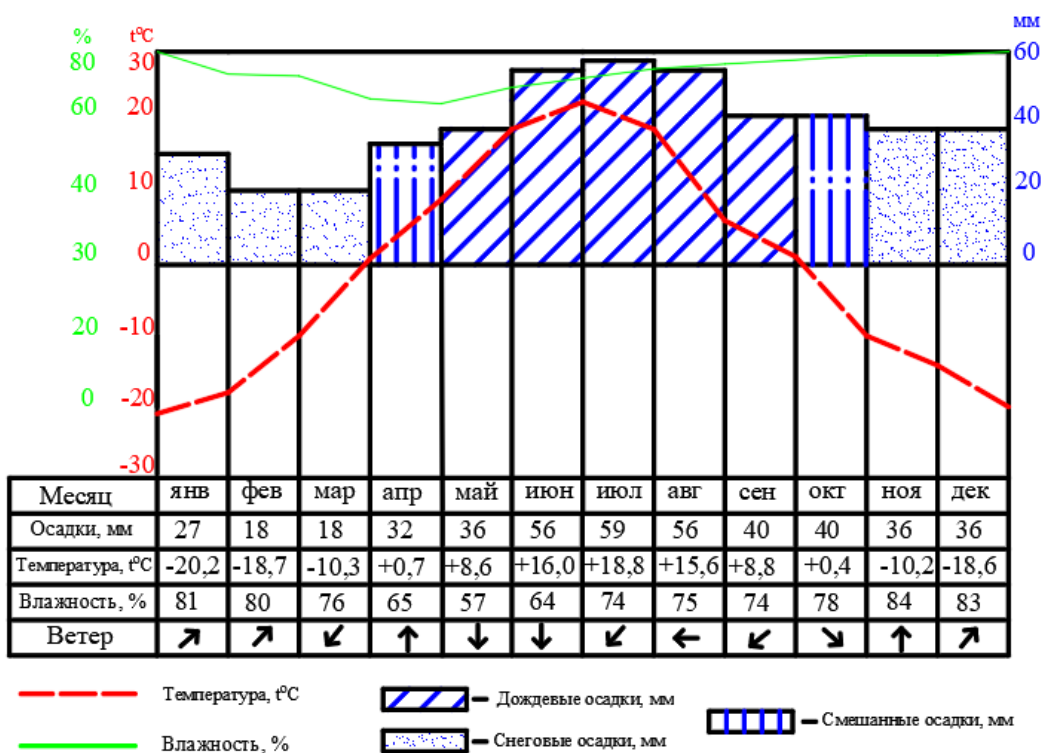


Рисунок 1.3 – Дорожно-климатический график

## 1.2 Рельеф

Территория Абанского района расположена в пределах Канско-Усольской пологоувалистой равнины Сибирской платформы. Высоты водоразделов колеблются от 330 до 400 м. В связи с асимметрией Канско-Усольского водораздела район подразделяется на 2 подрайона: северный и южный. В целом, рельеф на

территории района имеет мягкие очертания, не препятствующие механизации сельскохозяйственных работ.

### **1.3 Растительность и почва**

Согласно почвенно-геоморфологическому районированию Средней Сибири Абанский район расположен в Абан-Долгомостовском районе, Тасеево-Долгомостовском округе Средне-Сибирской провинции дерново-лесных, серых лесных и дерново-подзолистых длительно сезонно-мерзлотных почв. В северной части района наиболее распространенными почвами являются дерново-подзолистые, разной степени задернованности и оподзоленности. Залегают они, как правило, на водоразделах. В южной части преобладают серые лесные почвы и выщелоченные черноземы, встречаются и дерново-карбонатные почвы. В поймах рек и ручьев залегают пойменно-слоистые почвы. Обширную площадь занимают перегнойно-торфяно-болотные почвы.

### **1.4 Гидрография и гидрология**

Гидрографическая сеть представлена реками Бирюса и Абан. Поймы этих рек изобилуют многочисленными озёрами, старицами, рукавами и протоками. Река Бирюса (Она) основная артерия Абанской лесостепи. Сливаясь с рекой Чуной, образуют реку Тасеева, которая является одним из наиболее крупных притоков Ангары. Протекает в северной части района с юго-востока на северо-запад. Скорость течения 10 км/час, средняя ширина реки на территории района 250 м. Берега пологие, иногда заболоченные и частично поросшие кустарником. Берега р. Абан сильно извилисты, заболочены, скорость течения 3 км/час, ширина достигает 4 м. Берега р. Усолка заболоченные и сильно заросшие водно-болотной растительностью. Кроме названных рек имеется ряд небольших рек и ручьев. Замерзают реки в начале ноября, вскрываются в конце апреля - начале мая. Большинство рек имеют пороги, что затрудняет движение по ним.

Абанский район примечателен наличием замечательных целебных озёр: Святое, Плахино, Кривое, Пионерское, Медвежье, Гришино, Большое, Становое и т.д. Озеро Святое: Ширина озера – 310 м, длина – 380 м, глубина до 40 м. Вода в озере светлая, прозрачная, голубая. Озеро Плахино (Боровое): Площадь – 145,0 га. Максимальная мощность донных отложений – 5,0. Все водоёмы, находящиеся на территории района, являются хорошими местами обитания и гнездования водоплавающей, болотной дичи и расселения ондатры.

### **1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов**

Имеющиеся строительные материалы: песчаный и глинистый грунты пригоден для возведения земляного полотна. Для возведения земляного полотна используется щебень горелых пород из сосредоточенного резерва «Гагаринский».

Фракционированный щебень, щебеночно-песчаная смесь предназначенные для устройства дорожной одежды проектируемой автомобильной дороги доставляются из карьера «Чемурайский».

Сборный железобетон – Красноярский ЖБИ.

Асфальтобетонная смесь, бетон, раствор, – АБЗ п. Абан

## **1.6 Экономика района проектирования**

Территория района составляет 951 114 га, территории Красноярского края. С запада на восток район протянулся на 125 км, с севера на юг – на 119 км. Административным центром является рабочий поселок Абан (расстояние до краевого центра 309 км).

Транспортная инфраструктура Абанского района представлена сетью автомобильных дорог краевого, муниципального значения и участком федеральной дороги М-53 «Байкал».

Общая протяженность автомобильных дорог, существующих по территории Абанского района по состоянию на 1 января 2010 года составила - 910,27 километров, в т. ч:

- автомобильные дороги общего пользования краевого значения - 477,97 км, с усовершенствованным (16 %) и переходным (84 %) типами покрытия;

- автомобильные дороги общего пользования муниципального значения (межпоселенческие) – 128,1 км с переходным (29 %) и грунтовым (71 %) типами покрытия;

- улично-дорожная сеть, находящаяся в ведении муниципальных образований района - 266 км с усовершенствованным (27 %), гравийным (52 %) и грунтовым (21 %) типами покрытия;

- муниципальная улично-дорожная сеть, являющаяся продолжением автомобильных дорог общего пользования, и по которым осуществляется проезд транзитного транспорта - 19,1 км с усовершенствованным покрытием (75%) и гравийным (25%) типами покрытия.

Основная магистральная автомобильная дорога района, протяженностью -151 км представлена ответвлением от федеральной дороги М-53 «Байкал» в меридианном направлении: Канск-Абан-Богучаны.

Плотность автомобильных дорог общего пользования района на 1000 км<sup>2</sup> территории составляет – 95,61 км; на 1000 жителей – 36,19 км.

## **1.7 Заключение по природным условиям**

Природные условия района можно признать благоприятными. Способствует этому холмисто-равнинный рельеф местности, хорошие грунтовые условия. Отрицательным является только резко-континентальный климат.

## **2 Анализ существующей дороги**

Участок автомобильной дороги «Абан–Дзержинское» км.29 – км.34 имеет стратегическое значение, связывая два соседних района Абанский и Дзержинский, соединяя между собой населенные пункты этих районов. Так же имеются участки с болотом на ПК 50+00 по 52+50 и с ПК 91+50 по ПК 95+36.

### **2.1 План трасы**

Величины углов поворота, применённые радиусы кривых, назначались из условия максимального приближения к оси существующей дороги с соблюдением требований СП 34.13330.2012 для дорог IV технической категории. Минимальный радиус кривых в плане - 300 м.

Вся трасса проектируемой автодороги проходит по существующей автомобильной дороге.

Конец трассы ПК95+36,00 принят на оси существующей автодороги Абан – Дзержинское напротив стелы Абанский / Дзержинский районы.

Протяженность проектируемого участка 4,636 км.

Основное направление трассы северное, северо-западное.

План трассы представлен на графическом листе №1.

### **2.2 Земляное полотно**

Основные технические параметры поперечного профиля земляного полотна и проезжей части приняты по таблице 5.12 СП 34.13330.2012 для дорог IV технической категории.

На прямолинейных участках дороги принимается двухскатный поперечный профиль.

На участках кривых с радиусом менее 2000м принимается односкатный поперечный профиль с устройством виражей. Крутизна откосов насыпей назначена при высоте насыпи до 2 м. - 1:3; при высоте более 2 м - 1:1,5. Крутизна внешних откосов выемок 1:1,5, внутренних - 1:3 согласно СП 34.13330.2012.

Типы поперечных профилей:

Тип 1 – высота насыпи до 2 м без кюветов, с заложением откосов – 1:3;

Тип 2 – высота насыпи более 3 м без кюветов с заложением откосов – 1:1,5;

Тип 3 – высота насыпи до 2 м с кюветами, крутизна откосов 1:1,5;

Тип 4 – высота насыпи до 2 м с кюветами, крутизна откосов 1:3;

Конструкция поперечных профилей приведена на листе №3 графической части.

Существующее земляное полотно досыпается из грунтов выемок и сосредоточенного резерва «Гагаринский».

Грунт в резерве разрабатывается экскаватором с предварительным рыхлением бульдозером.

Заторфованный грунт от срезки существующей насыпи для досыпки земляного полотна не используется и вывозится в ров расположенный в 500 м севернее с. Березовка.

Возведение земляного полотна, устраиваемое из щебня гореликов, предусматривается слоями не более 0,40 м с уплотнением пневмокатками.

Проектом предусмотрено рыхление и уплотнение земляного полотна существующей насыпи.

Степень уплотнения грунта рабочего слоя определена величиной коэффициента уплотнения 0,95, что соответствует требованию п.6.15. СП 34.13330.2012.

Общий объём земляных работ по проектируемой автодороге составляет:  
профильных:

насыпь - 39567м<sup>3</sup>

выемка - 328м<sup>3</sup>

срезка существующей насыпи - 20386 м<sup>3</sup>

### **2.3 Искусственные сооружения**

При проектировании искусственных сооружений руководствовались СП 35.13330.2011 "Мосты и трубы" [9] и СП 33-101-2003 "Определение основных расчётных характеристик" [10].

Искусственные сооружения запроектированы постоянные, капитального типа:

на ПК89+00 - ж.б. труба отв.1,5м длиной 21,160 м, взамен существующей трубы отв.1,0 м, на выходе предусмотрена засыпка существующей ямы с предварительным водоотливом;

на ПК50+70 – металлическая, гофрированная труба отв.2,0м длиной 19,175 м.

Тип фундаментов принят в зависимости от грунтово-геологических условий и режима протекания воды в трубе. Все трубы фундаментные.

Химический состав поверхностных вод, а также грунтовых вод по отношению к бетону не агрессивен.

### **2.4 Дорожная одежда**

Конструкция дорожной одежды принята согласно заданию на проектирование, категории дороги, наличию дорожно-строительных материалов в соответствии таблице 8.1 СП 34.13330.2012 - облегченного типа.

Устройство дорожной одежды предусмотрено из местных материалов.

Запроектирована дорожная одежда с использованием программного комплекса CREDO.

Требуемый модуль упругости в соответствии с применяемым типом покрытия и расчётной интенсивностью движения - 150 МПа.

В результате расчёта толщина дорожной одежды – 0,55м.

В результате расчета получена следующая конструкция дорожной одежды:

- верхний слой покрытия из асфальтобетонной плотной смеси на битуме БНД марки 90/130 (Тип А, Марки II) – 0,05м.

- нижний слой покрытия из асфальтобетонной плотной смеси на битуме БНД марки 90/130 (крупнозернистой, Марки II) - 0,07м.

-основание из щебня фракционированного фракции 40-70 мм с заклинкой фракционированным мелким щебнем - 0,15м.

- дополнительный слой основания из щебеночно-песчаной смеси - 0,28м.

Конструкция дорожной одежды приведена на чертеже лист №5, объемы работ – в ведомости проектируемой дорожной одежды.

## **2.5 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности**

Для оценки безопасности движения используется метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать сезонные и кратковременные изменения условий движения, и на этой основе принимать мероприятия, повышающие безопасность движения для каждого конкретного периода с учетом природно-климатических факторов.

Итоговый коэффициент аварийности определяется по формуле

$$K_{\text{ав.ит.}} = \sum_{i=1}^{18} K_i$$

где  $K_i$  – частные коэффициенты аварийности, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м с ширококатым покрытием и укрепленными обочинами.

Результаты представлены на соответствующей эпюре листа №4 графической части работы.

## **2.6 Определение категории дороги и расчетной скорости движения автомобилей.**

Категория проектируемой дороги устанавливается по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Её назначают по расчётной интенсивности движения, которая измеряется в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед./сут). Расчётной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период всегда равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимают год сдачи проекта в эксплу-

атацию. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий. В районах, где развитие экономики идёт опережающими дорожное строительство темпами, расчёт перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости.

При определении категории дороги сначала определяем перспективную интенсивность движения в транспортных единицах.

$$N = N_{\text{исх}} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t = 243 \cdot \left(1 + \frac{1,4}{100}\right)^{20} = 322 \text{ авт./сут} \quad (2.1)$$

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

Далее, приводим данный поток транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, с помощью специальных коэффициентов из табл. 2.1 (Таблица взята из СП 34.13330.2012, табл. 4.2).

Таблица 2.1 – Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Тип транспортного средства	Грузоподъемность, 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	До 12 включительно		1,8
	От 12 до 20		2,2
	От 20 до 30		2,7
	Свыше 30		3,2
Автобусы		малая	1,47
		средняя	2,5
		большая	3
Автобусы сочлененные и троллейбусы			4,6

Затем определяем исходную интенсивность каждого типа автомобиля:

$$N_1 = N \cdot \frac{p_{\text{л}}}{100} = 322 \cdot \frac{78,6}{100} = 253$$

$$N_2 = N \cdot \frac{p_{\text{до 2т}}}{100} = 322 \cdot \frac{4,5}{100} = 19$$

$$N_3 = N \cdot \frac{p_{\text{2-6т}}}{100} = 322 \cdot \frac{10}{100} = 46$$

$$N_4 = N \cdot \frac{p_{\text{6-8т}}}{100} = 322 \cdot \frac{4}{100} = 21$$

$$N_5 = N \cdot \frac{p_{\text{8-14т}}}{100} = 322 \cdot \frac{1,3}{100} = 8$$

$$N_6 = N \cdot \frac{p_{\text{автп до 12т}}}{100} = 322 \cdot \frac{1.6}{100} = 5.3$$

$$N_7 = N \cdot \frac{p_{\text{автп 12-20т}}}{100} = 0$$

$$N_8 = N \cdot \frac{p_{\text{автп 20-30т}}}{100} = 0$$

Где  $p_{\text{л}}$ ,  $p_{\text{до2т}}$ ,  $p_{\text{6-8т}}$ ,  $p_{\text{8-14т}}$ ,  $p_{\text{авт.п до 12т}}$ ,  $p_{\text{авт.п12-20т}}$ ,  $p_{\text{авт.п20-30т}}$  – процент автомобилей каждого типа (из задания на курсовое проектирование). Далее, вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведенных автомобилях.

$$N_{\text{прив}} = \sum_{m=1}^M N_m K_m$$

где  $K_m$  – коэффициент приведения для  $m$ -го транспортного средства соответственно,  $M$  – количество типов транспортных средств в потоке.

Таблица 2.2 – Расчёт интенсивности движения в табличной форме

$m$	Вид транспортного средства	% в потоке	$N_m$ , авт./сут	$K_m$	$N_m \cdot K_m$ , прив.ед./сут
1	Легковые	78.6	253	1	253
2	Грузовые с нагрузкой на ось: до 2 т	4.5	14.6	1,3	19
3	от 2 до 6 т	10	32.8	1,4	46
4	от 6 до 8 т	4	11.6	1,6	21
5	от 8 до 14 т	1.3	4.4	1,8	8
6	Автопоезда до 12 т	1.6	5.3	1.8	16
7	Автопоезда от 12 до 20 т	0	0	2,2	0
8	Автобусы большие	0	0	3,0	0
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>322</b>	-	<b>363</b>

В зависимости от полученного значения  $N_{\text{расч}}$  по табл. 2.3 (СП 34.13330.2012, табл. 4.1) назначают категорию дороги.

Таблица 2.3 – Классификация автомобильных дорог по интенсивности движения

Класс дороги	Категория дороги	Расчётная интенсивность движения, прив. ед./сут
Автомагистраль	IA	Свыше 14000
Скоростная дорога	IB	
	IV	



### Окончание таблицы 2.3

Дорога обычного типа	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

## 2.7 Основные технические показатели автомобильной дороги

На следующем этапе необходимо заполнить таблицу «Основные технические показатели автомобильной дороги». Данные берут из СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» и ГОСТ Р 52399-2005. В таблицу заносим вычисленную расчётную перспективную интенсивность движения и категорию дороги. Расчётная скорость движения автомобиля зависит от установленной категории дороги и рельефа местности по табл. 2.5 (СП 34.13330.2012, табл. 5.1).

В табл. 2.4 заносим также расчётную скорость движения для трудных участков. К трудным участкам пересечённой местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами с разницей отметок долины и водоразделов более 50 м на расстоянии не свыше 0,5 км с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами.

Показатели 6 – 12 назначаем по таблице 5.12 СП 34.13330.2012. Поперечные уклоны проезжей части (показатель 13) назначаем по табл. 5.16 СП 34.13330.2012 в зависимости от дорожно-климатической зоны и категории дороги. Проезжую часть предусматривают с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках и на кривых в плане радиусом 3000 м и более для дорог категории I и радиусом 2000 м и более – для дорог других категорий. Поперечные уклоны обочин (показатель 14) принимаем согласно п. 5.32 СП 34.13330.2012.

Наименьшие радиусы кривых в плане а также на продольном профиле и наибольший продольный уклон (показатели 15 – 20) принимаем по табл. 5.3 СП 34.13330.2012 в зависимости от назначенной расчётной скорости движения автомобилей. Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках, задаем по значению расчётной скорости движения для трудных участков из табл. 5.3 СП 34.13330.2012. Расчётные расстояния видимости в продольном профиле (показатель 21) также принимаем по табл. 5.9 СП 34.13330.2012.

Таблица 2.4 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Величина показателя
1 Категория дороги	IV
2 Перспективная интенсивность движения, авт./сут	322
3 Расчётная интенсивность движения, прив.ед./сут	363

#### Окончание таблицы 2.4

4	Расчётная скорость движения, км/ч	80
5	Расчётная скорость движения на трудных участках, км/ч	60
6	Число полос движения, шт	2
7	Ширина полосы движения, м	3,0
8	Ширина проезжей части, м	6,0
9	Ширина обочин, м	2,0
10	Ширина краевой полосы, м	0,5
11	Ширина укрепленной части обочины, м	1,0
12	Ширина земляного полотна без ограждений, м	10
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	300
16	Наибольший продольный уклон, ‰	60
17	Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках, ‰	70
18	Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле, м	5000
19	Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках, м	2500
20	Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля, м	2000
21	Расчетных расстояния видимости в продольном профиле, м:	150
	Для остановки	250
	Для встречного автомобиля	600
	При обгоне	

Таблица 2.5 – Расчётные скорости движения на дорогах

Категория дороги	Расчётная скорость при различных формах рельефа, км/ч		
	Основн ая	на трудных участках	в горной местности
Ia	150	120	80
Iб	120	100	60
Iв	100	80	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Элементы поперечного профиля дороги показаны на рис. 2.1.

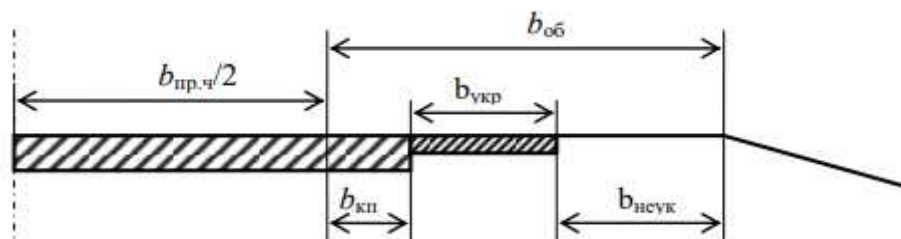


Рисунок 2.1 – Основные элементы поперечного профиля дороги

- проезжая часть ( $b_{пр.ч}$ ) – основной элемент дороги, предназначенный для непосредственного движения транспортных средств;
- обочина ( $b_{об}$ ) – полоса поверхности дороги, используемая для временной стоянки автомобилей;
- краевая полоса ( $b_{кп}$ ) – часть обочины, предназначенная для защиты от разрушения кромки проезжей части и допускающая регулярные заезды на неё транспортных средств (имеет дорожную одежду такой же прочности, что и проезжая часть);
- укрепленная часть обочины ( $b_{укр}$ ) – часть обочины, имеющая покрытие из каменного материала, обработанного вяжущим;
- грунтовая часть обочины ( $b_{несук}$ ) – часть обочины, не имеющая дорожной одежды.

## 2.8 Обоснование руководящих отметок

Руководящая отметка необходима для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Её определяют с учётом ряда факторов: дорожно- климатической зоны, категории дороги, вида грунта рабочего слоя, типа местности по характеру увлажнения и условиям снегонезаносимости.

Руководящая отметка для первого типа местности. На открытых участках местности с обеспеченным стоком воды руководящую отметку определяют из условия снегонезаносимости дороги.

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

$$h_p = h_{сн} + \Delta h \quad (2.2)$$

$$h_p = 0,73 + 0,5 = 1,23$$

где  $h_{сн}$  – расчётная толщина снегового покрова 5%-ой обеспеченности;  $\Delta h$  – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, зависящее от категории автомобильной дороги.

Величину  $\Delta h$  выбираем из табл. 2.6:

Таблица 2.6 - Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова

Параметры	Возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова, м				
	I	II	III	IV	V
$\Delta h$	1,2	0,7	0,6	0,5	0,4

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

$$h_1 = h_p + i_{об} \cdot b_2 + i_{поп} \frac{b_1}{2} \quad (2.3)$$

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.

Для дороги 4-й категории  $b_1 = 7,0$  м;  $b_2 = 1,5$  м. Поперечные уклоны покрытия и обочин для асфальтобетонного покрытия  $i_{поп} = 20$  ‰, для обочин  $i_{об} = 40$  ‰. При высоте снегового покрова 5%-ой обеспеченности  $h_p = 1,23$  м руководящая отметка составит:

$$h_1 = 1,23 + 0,04 \cdot 1,5 + 0,02 \frac{7,0}{2} = 1,36 \text{ м}$$

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.

При необеспеченном стоке воды от поверхности земли руководящая отметка для построения проектной линии продольного профиля по оси дороги определится по формуле:

$$h_{II} = h_{1,н} + i_{поп} \frac{b_1}{2} \quad (2.4)$$

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).

Значения  $h_{1,н}$  принимаются по табл. 2.7 в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя.

Таблица 2.7 - 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	1,1/0,9	0,9/0,7	0,75/0,55	0,5/0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,5/1,2	1,2/1,0	1,1/0,8	0,8/0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глина	2,2/1,6	1,8/1,4	1,5/1,1	1,1/0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	2,4/1,8	2,1/1,5	1,8/1,3	1,2/0,8

Так как район проектирования относится к II-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – суглинок, то в соответствии с табл. 9  $h_{1,н} = 2,2$  м. При необеспеченном стоке кратковременно стоящих вод глубиной  $h_{пв} = 0,0$  м руководящая отметка составит:

$$h_{II} = 2,2 + 0,02 \frac{7,0}{2} = 2,27 \text{ м}$$

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

$$h_{III} = h_{2,н} + h_{пв} + i_{поп} \frac{b_1}{2} \quad (2.5)$$

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

Так как район проектирования относится к III-й дорожно-климатической зоне и грунт земляного полотна – глина, то в соответствии с табл. 9  $h_{2,н} = 1,8$  м. При высоко стоящих грунтовых водах с глубиной заложения их горизонта  $h_{пв} = 0,26$  м руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению, вычисляют по формуле (14). Для дороги II-й категории она составит:

$$h_{III} = 2,2 + 0,26 + 0,02 \frac{7,0}{2} = 2,53 \text{ м}$$

### **3 Условия строительства дорог через болота**

Болотами принято называть места с затрудненным поверхностным и внутренним стоком, занятые естественными залежами высокопористых вод насыщенных грунтов. К болотным грунтам относят торф и органический ил иногда в смеси с насосными минеральными частицами.

Болота представляют серьезное препятствие для народно - хозяйственного освоения важных для экономики страны районов Западной Сибири, Европейского Севера, лесной зоны Дальнего Востока.

Строительство дорог капитального типа в заболоченных местах представляет собой весьма сложную инженерную задачу как для проектировщиков, так и для строителей. Условия избыточного увлажнения грунтов, характерный дефицит качественных минеральных материалов – все это создает препятствия, преодоление которых связано со значительными материальными затратами. Средняя стоимость строительства дороги на переходе через болото в 3-5 раз выше, в чем обычных условиях. В некоторых случаях затраты на устройство перехода сравнимы с затратами на строительство мостовых сооружений.

#### **3.1 Классификация болотных грунтов**

Наиболее характерный вид болотного грунта – торф, который образуется в результате неполного разложения влаголюбивой растительности в условиях недостатка кислорода. В процессе разложения торф переходит от состояния растительных волокон к состоянию аморфной гумусной массы. Важная особенность торфа - способность сохранять волокнистую структуру при весьма высокой влажности (2000% и более)

Собственно, к торфам относятся грунты, содержащие не менее 60% органических остатков. При содержании органики от 10% до 60% считают, что грунты заторфованные, а менее 10% - с примесью органических веществ. Заторфованные грунты обладают меньшей пористостью и сжимаемостью, хотя в качественном отношении их свойства близки к торфам.

В основу деления на типы были положены различия в характере деформации залежи в основании дорожной насыпи.

I тип – болота, сплошь заполненные торфом (устойчивой консистенции);

II тип – болота, сплошь заполненные торфом неустойчивой консистенции, с подстилающими сапропелями или без них.

III тип – болото со сплавиной, заполненное от поверхности до дна болотным илом и водой с торфяной коркой.

### **3.2 Данные изысканий, необходимые для проектирования земляного полотна**

В составе работ по изысканиям автомобильных дорог на болотах, в части, относящейся к проектированию полотна, следует предусматривать:

На стадии проектного задания

А) данные, необходимые для выбора типа конструкции земляного полотна;

Б) данные для составления проекта организации к стоимости работ.

На стадии рабочего проектирования:

- данные для конкретного расчета элементов выбранной конструкции земляного полотна

Для назначения типа конструкций земляного полотна на болоте на стадии проектного задания необходимо иметь следующие данные:

А) глубина болота (рельеф дна)

Б) тип торфов, составляющих залежь (геотехнические разрезы)

В) степень разложения торфа;

Г) пнистость болота;

Д) прочие ситуационные данные (залесенность, наличие дорог, водоемов, населенных мест, и т.п)

Е) технико-экономические данные для расчета стоимости работ (дальность возки минерального грунта, необходимость в устройстве временных дорог и т.п)

Рельеф дна болота определяется в районе проложения трассы определяется зондировкой и бурением.

Принадлежность торфа в состоянии естественного залегания к тому или иному типу дорожно-строительной классификации определяется при полевых изысканиях по комплексу его физико-механических свойств и внешних признаков, перечисленных в табл. 1 [6]

### **3.3 Болотные грунты на участках автомобильной дороги**

Существующая дорога проходит через болото на участке ПК 50+00 по ПК 52+50, где земляное полотно состоит из суглинка тяжелого песчаного, а в основании залегает слой торфа сванго-мохового наибольшей шириной слоя 3,30м. На участках с ПК 91+50 по ПК 95+36 для земляного полотна использовался суглинок твердый, тяжелый слаботорфованный, грунт основания торф низинный, тростниковый с наибольшей шириной слоя 1,74 м.

Сванго-моховой торф содержит без учета гумуса, 70% и более остатков древесных кустарников растений, остальное травянистые растения. Образуется на участках с высоким обводнением: верховой тип - при поступлении атмосферных осадков, низинный тип – за счет поверхностно-сточных вод, подпора или

выклинивания подземных вод. Мощность слоя в неосушенном состоянии в среднем 2-3 м.

Торф тростниковый один из подвидов низинного торфа, содержащий среди растительных остатков без учета гумуса не менее 75% частиц травянистых растений, среди которых преобладает тростник, и до 10% частиц древесных растений. Такие торфяные залежи располагаются в большей части в пойменных лесостепных зонах.

Исходя из состава грунта земляного полотна и залегающих грунтов основания, сделан вывод, что данное болото относится к I типу.

На начальной стадии проектирования возникает потребность в предварительной оценке условий прохождения трассы по местности. При это стоит обратить особое внимание на правильность оконтуривания и распознавания типа болот, так как от этого в значительной мере будет зависеть точность определения стоимости строительства.

Комплекс природных условий соответствует определенному характеру процесса заболачивания и типу болотной залежи. (табл.3.1)

Таблица 3.1 – Основные признаки болот I типа

Наименования болотного грунта	Тип	Тип	Характер консистенции	Основные визуальные признаки
Торф малой и средней степени разложения	I	A	Уплотнённый	Губчатая - волокнистая структура, образец оказывает заметное сопротивление разрыву в шурфе удерживаются вертикальные откосы. Вода из образца отжимается рукой с усилием, но масса через пальцы не продавливается. Цвет коричневый.
		Б	Рыхлый	То же, но строение рыхлое. Рукой легко отжимается, вода светлого или мутного цвета.

По топографическим данным можно получить геоморфологическую характеристику местности, которая окажет существенную помощь в предварительном распознании типа и глубины болот, способе их водного питания.

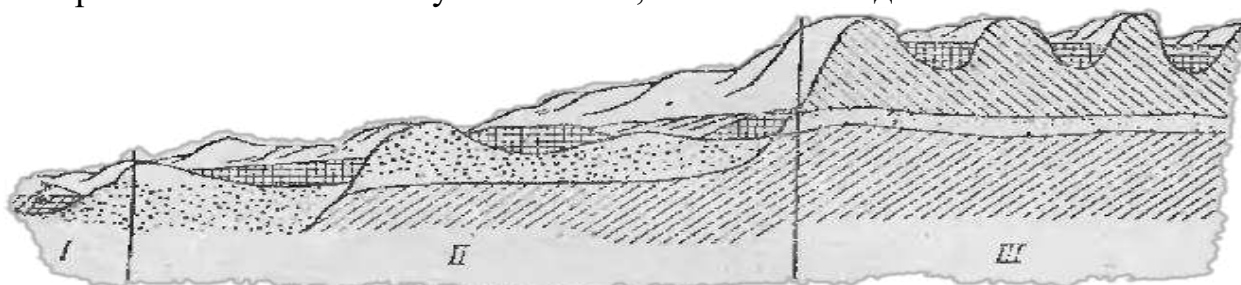


Рисунок. 3.1 – Геоморфологическая схема распределения болот: I – болота пойм; II – болота террас; III – болота водораздельного моренного рельефа



В средней части террасы болота занимают неглубокие впадины, поверхность их обычно выпуклая со значительным превышением центральной части над краями, относятся они почти всегда к I типу болот.

Описание микроландшафта болота дает не только представление о его проходимости, но и строительном типе залежи. Верховые болота обычно относятся к I типу, о степени уплотнения залежи можно судить по наличию открытой воды на поверхности, сапропели, сплаvine, характеру микрорельефа. Хвойные породы указывают на достаточную плотность торфа. Торфяные залежи, образовавшиеся вследствие зарастания водоемов, как правило, подстилаются слоями ила или сапропеля.

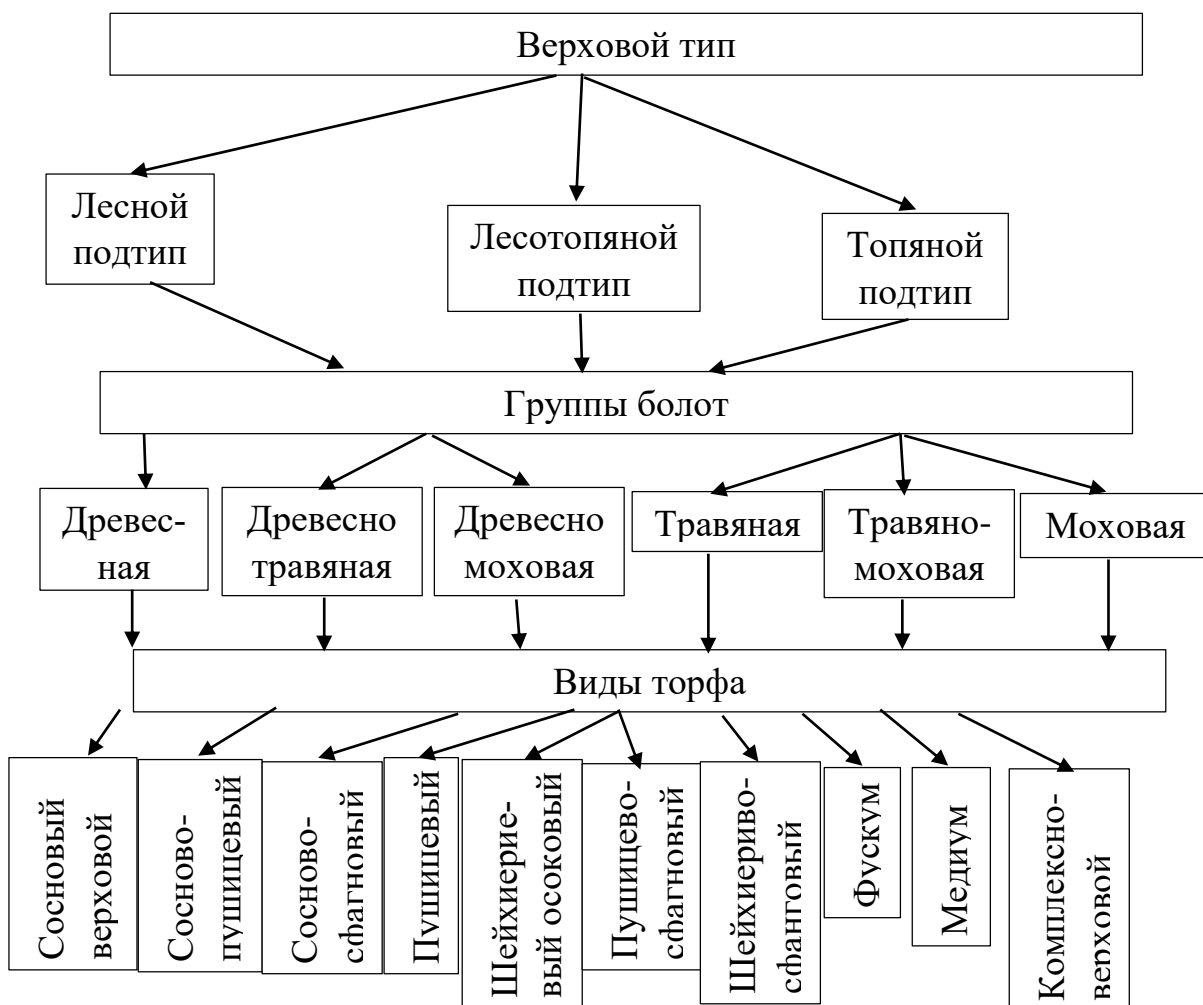


Рисунок. 3.2 – Классификация групп болот и видов торфа для верхового типа болот

Основные признаки визуального порядка болота I типа, такие как влажность, плотность и сопротивления сдвигу объединены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Основные характеристики болот I типа.

Тип	Основные признаки определяющие механические свойства	Характер деформации под нагрузкой	Наиболее характерные виды и условия залегания	Взаимность N по весу	Плотность (объемный вес скелета), г/см <sup>3</sup>	Общее сопротивление сдвигу при естественной влажности кг/см <sup>3</sup>
I	Губчато-волокнистое строение, высокое структурное сцепление	Преимущественно сжатие в пределах контура загрузки	А. Торф в осушенных или уплотнённых пластах	До 600	Более 0,12	Более 0,2
			Б. Торф рыхлый полностью водонасыщенный	Более 600	До 0,12	0,1-0,2

#### 4. Особенности технологии процесса по возведению насыпи на болотах

##### 4.1 Основные технические показатели болот на рассматриваемых участках

Проектируемая автомобильная дорога на первом участке с ПК 50+00 по ПК 52+50 и с ПК 91+50 по ПК 95+36 проходит по болоту.

При проектировании насыпи на слабых основаниях необходимо обеспечить не только устойчивость основания, но и исключить боковое выдавливание слабого грунта из-под насыпи, стабильность основания, т.е. интенсивная часть осадки (90-% консолидации) должна завершиться до устройства покрытия, чтобы упругие колебания земляного полотна при движении транспортных средств не превышали значений, допускаемых для данного типа покрытий.

Исходные данные для ПК 50+00 по ПК 52+50:

- 1) Высота насыпи – 5,2 м;
- 2) Заложение откоса – 1:1,5м;
- 3) Ширина земляного полотна – 10 м;
- 4) Удельный вес грунта – 1,95г/см<sup>3</sup>;
- 5) Срок консолидации – 90 суток;
- 6) Класс нагрузки А = 20К, [15].

Таблица 4.1 – Характеристики залегающего слоя ПК 50+00 по ПК 52+50

№ слоя	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, см/час	Удельный вес торфа, г/см <sup>3</sup>	Степень разложения, %
1	$\varepsilon_1=3,0$	$K_{\phi 1}=0,082$	$\gamma_1=1,1$	$n_1=30$

Проектирование земляного полотна на болотах ведется в три стадии:

- 1) Определение осадки насыпи на болоте;
- 2) Определение длительности осадки;
- 3) Внедрение решений проектирования земляного полотна.

Исходные данные для ПК 91+50 по ПК 95+36:

- 1) Высота насыпи – 3,5 м;
- 2) Заложение откоса – 1:1,5м;
- 3) Ширина земляного полотна – 10 м;
- 4) Удельный вес грунта – 1,8 г/см<sup>3</sup>;
- 5) Срок консолидации – 90 суток;
- 6) Класс нагрузки А = 20К.

Таблица 4.2 – Характеристики залегающего слоя ПК 91+50 по ПК 95+36

№ слоя	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, см/час	Удельный вес торфа, г/см <sup>3</sup>	Степень разложения, %
1	$\varepsilon_1=4,0$	$K_{\phi 1}=0,076$	$\gamma_1=1,05$	$n_1=40$

#### 4.1.1 Определение осадки насыпи на участке ПК 50+00 по ПК 52+50

Расчет начинается с определения устойчивости основания через коэффициент безопасности по формуле

$$K_{\text{без}} = \frac{P_{\text{без}}}{P_{\text{расч}}}, \quad (4.1.1)$$

где  $P_{\text{без}}$  – безопасная нагрузка на основание;

$P_{\text{расч}}$  – безопасная нагрузка на основание.

$$K_{\text{без}} = \frac{823,94}{112,39} = 7,33.$$

При определении  $K_{\text{без}}$  учитывается скорость отсыпки насыпи: быструю отсыпку на полную высоту с запасом на осадку и медленную отсыпку, при которой скорость передачи нагрузки соответствует скорости наращивания прочности основания в результате процесса консолидации.

$$K_{\text{без}} > 1.$$

Безопасная нагрузка определяется по формуле

$$P_{\text{без}} = \left[ \frac{c + \gamma_T \cdot z \cdot \text{tg} \varphi}{\beta} \right], \quad (4.1.2)$$

где  $z$  – толщина слоя торфяной залежи;

$c$  и  $\varphi$  – расчетные значения сцепления и угла поворота внутреннего трения слабого грунта на расчетном горизонте  $z$ ;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта слабой толщи;

$\beta$  – функция глубины расположения расчетного  $Z$ , геометрических параметров насыпи и расчетного угла внутреннего трения грунта основания, определяется по формуле (3.1.3) при высоте насыпи менее 2,5-3,5 м.

$$\beta = 0,310 - 0,006\varphi, \quad (4.1.3)$$

где  $\varphi$  – то же, что и в формуле (4.1.2)

Учитывая, что в нашем случае имеется один слой торфа, для него выбираем свой вид согласно степени разложения по методическим рекомендациям. Результаты сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Характеристика слоя торфяной залежи

№ слоя	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Сила сцепления $c$ , т/м <sup>2</sup>	Вид торфа	Степень разложения, %
1	22	1,0	Сванго-моховой	30

$$\beta = 0,307 - 0,006 \cdot 22 = 0,178;$$

$$P_{\text{без}} = \left[ \frac{0,01 + 1,1 \cdot 330 \cdot \text{tg} 22}{0,178} \right] = 823,94 \text{ кПа};$$

Расчетная нагрузка  $P_{\text{расч}}$  определяется в следующей последовательности:

Определение расчетной нагрузки  $P_{\text{расч}}$  начинают с вычисления давления на поверхность торфяного основания от временной нагрузки при наиболее неблагоприятном ее расположении (при длительной остановке на дороге четырех колон автомобилей: два автомобиля стоят на обочинах, два – на каждой полосе движения)

Давление от временной нагрузки распределяется в теле насыпи под углом  $45^\circ$ , и на поверхности торфяного основания при высоте насыпи  $h_H$  определяется по формуле

$$P_B = g_K \cdot K \quad (4.1.4)$$

где  $P_B$  – давление от временной нагрузки

$K$  – количество колес двух задних осей расчетного автомобиля, создающих суммарное давление, распространяющееся под углом  $45^\circ$

$g_K$  – удельное давление от одного колеса, МПа, определяется по формуле (4.1.5)

$$g_K = \frac{P_K}{F}, \quad (4.1.5)$$

где  $P_K$  – нагрузка на колесо задней оси (для А-20К,  $P_K = 600$  МПа);

$F$  – площадь круга в основании насыпи при диаметре колеса  $D = 60$  см (для А=20К), определяется по формуле (4.1.6)

$$F = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_H)^2}{4}, \quad (4.1.6)$$

где  $\pi$  – число Пи,  $\pi = 3,14$ ;

$(D + 2 \cdot h_H)$  – диаметр круга в основании насыпи при высоте  $h_H$ ;

$h_H$  – высота насыпи, см.

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,60 + 2 \cdot 5,2)^2}{4} = 94,98 \text{ м}^2 = 949800 \text{ см}^2$$

$$g_K = \frac{6000}{949800} = 0,006 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 0,6 \text{ кПа};$$

$$P_B = 0,6 \cdot 6 = 3,6 \text{ кПа}$$

Давление на торф от собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P_H = \gamma_T \cdot h_H, \quad (4.1.7)$$

где  $P_H$  – давление на торф от собственного веса;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта,  $\text{кг}/\text{см}^2$

$h_H$  – то же, что и в формуле (4.1.6)

$$P_H = 1,95 \cdot 5,2 = 1014 \text{ г}/\text{см}^2 = 101,4 \text{ кПа}.$$

Общее давление от временной нагрузки и собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P = P_B + P_H, \quad (4.1.8)$$

где  $P_B$  – то же, что и в формуле (4.1.4)

$P_H$  – то же, что и в формуле (4.1.7)

$$P = 3,6 + 101,4 = 105,00 \text{ кПа.}$$

Необходимо учесть дополнительное давление от веса грунта погруженной в торфяной массив насыпи, определяется по формуле

$$P_{oc} = \gamma_1 \cdot S, \quad (4.1.9)$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта, уменьшенный за счет объёмной силы воды в торфе определяется по формуле (3.1.10)

$S$  – величина осадки в результате уплотнения торфа, см, определяется по формуле (5.1.11)

$$\gamma_1 = (1 - n_r)(\gamma_r - 1) \quad (4.1.10)$$

где  $n_r$  – пористость грунта насыпи, %;

$\gamma_r$  – удельный вес грунта насыпи;

$$\gamma_1 = (1 - 0,55)(1,95 - 1) = 0,43 \text{ г/см}^3$$

$$S = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1}, \quad (4.1.11)$$

где  $H$  – мощность торфяной залежи, см;

$\varepsilon_0$  – коэффициент пористости торфяного грунта в естественном состоянии;

$\varepsilon_p$  – коэффициент пористости торфяного грунта при нагрузке  $P$

Коэффициент  $\varepsilon_p$  определяют по упрощенному компрессионному управлению Н.Н. Иванова

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 - Z \cdot \ln P$$

Где  $Z$  – постоянный коэффициент, зависящий от вида торфа = 1,2;

$\varepsilon_1$  – коэффициент пористости торфяного грунта при давлении  $P = 0.1$ , для Сванго-мохового торфа  $\varepsilon_1 = 6,5$ .

Если торфяная залежь имеет несколько слоев, коэффициенты  $\varepsilon_p$  и величину осадки определяют для каждого слоя.

Таблица 4.4 – Результаты расчета осадки торфяной залежи

Уча- сток трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p) / (1 + \varepsilon_0)$	$S, \text{см}$
ПК	+										

Окончание таблицы 4.4

50	00	0	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3	2,085	0,521	0
50	23	3,3	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3,0	2,085	0,521	1,720
50	50	1,58	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3,0	2,085	0,521	0,823
51	00	1,07	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3,0	2,085	0,521	0,558
51	50	1,06	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3,0	2,085	0,521	0,552
52	00	0,91	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3,0	2,085	0,521	0,474
52	50	0	105	1,2	6,5	4,654	0,915	3	2,085	0,521	0

Вносим поправку в расчетное давление, добавляя к давлению от временной и постоянной нагрузок дополнительное давление от веса погруженной в торфяной массив части насыпи по формуле

$$P_{\text{расч}} = P + P_{\text{ос}}, \quad (4.1.14)$$

где  $P$  – то же, что и в формуле (4.1.8)

$P_{\text{ос}}$  – то же, что и в формуле (4.1.9)

$$P_{\text{ос}} = 0,43 \cdot 172 = 73,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 7,39 \text{ кПа},$$

$$P_{\text{расч}} = 105,00 + 7,39 = 112,39 \text{ кПа}.$$

Для расчета откорректированного давления повторяем вышеприведенный расчет осадки насыпи и результаты заносим в таблицу 4.5

Таблица 4.5 – Откорректированный расчет осадки насыпи торфяной залежи

Уча- сток трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p) / (1 + \varepsilon_0)$	$S, \text{см}$
ПК	+										
50	00	0	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0
50	23	3,3	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	1,787
50	50	1,58	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0,856
51	00	1,07	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0,580
51	50	1,06	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0,574
52	00	0,91	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0,493
52	50	0	112,39	1,2	6,5	4,722	0,834	3,0	2,166	0,542	0

Проверяем условие по формуле

$$K_{\text{без}} = \frac{P_{\text{без}}}{P_{\text{расч}}} \geq 1$$

где  $P_{без}$  – то же, что и в формуле (4.1.2)

$P_{расч}$  – то же, что и в формуле (4.1.14)

$$K_{без} = \frac{823,94}{112,39} = 7,33 \geq 1 - \text{условие выполняется.}$$

#### 4.1.2 Определение осадки насыпи на участке ПК 91+50 по ПК 95+36

Расчет как и на первом участке начинаем с определения устойчивости основания через коэффициент безопасности по формуле

$$K_{без} = \frac{P_{без}}{P_{расч}}, \quad (4.1.1)$$

где  $P_{без}$  – безопасная нагрузка на основание;

$P_{расч}$  – безопасная нагрузка на основание.

$$K_{без} = \frac{351,98}{75,8} = 4,64.$$

При определении  $K_{без}$  учитывают скорость отсыпки насыпи: быструю отсыпку на полную высоту с запасом на осадку и медленную отсыпку, при которой скорость передачи нагрузки соответствует скорости нарастания прочности основания в результате процесса консолидации.

$$K_{без} > 1.$$

Безопасная нагрузка определяется по формуле

$$P_{без} = \left[ \frac{c + \gamma_T \cdot z \cdot \tan \varphi}{\beta} \right], \quad (4.1.2)$$

где  $z$  – толщина слоя торфяной залежи;

$c$  и  $\varphi$  – расчетные значения сцепления и угла поворота внутреннего трения слабого грунта на расчетном горизонте  $z$ ;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта слабой толщи;

$\beta$  – функция глубины расположения расчетного  $Z$ , геометрических параметров насыпи и расчетного угла внутреннего трения грунта основания, определяется по формуле (4.1.3) при высоте насыпи менее 2,5-3,5 м.

$$\beta = 0,310 - 0,006\varphi, \quad (4.1.3)$$

где  $\varphi$  – то же, что и в формуле (4.1.2)



Учитывая, что в нашем случае имеется один слой торфа, для него выбираем свой вид согласно степени разложения по методическим рекомендациям. Результаты сводим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Характеристика слоя торфяной залежи

№ слоя	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Сила сцепления $c$ , т/м <sup>2</sup>	Вид торфа	Степень разложения, %
1	20	5,0	Тростниково- вый	40

$$\beta = 0,307 - 0,006 \cdot 20 = 0,187;$$

$$P_{\text{без}} = \left[ \frac{0,05 + 1,05 \cdot 174 \cdot \text{tg} 20}{0,187} \right] = 351,98 \text{ кПа};$$

Расчетная нагрузка  $P_{\text{расч}}$  определяется в следующей последовательности:

Определение расчетной нагрузки  $P_{\text{расч}}$  начинают с вычисления давления на поверхность торфяного основания от временной нагрузки при наиболее неблагоприятном ее расположении (при длительной остановке на дороге четырех колон автомобилей: два автомобиля стоят на обочинах, два – на каждой полосе движения)

Давление от временной нагрузки распределяется в теле насыпи под углом  $45^\circ$ , и на поверхности торфяного основания при высоте насыпи  $h_{\text{н}}$  определяется по формуле

$$P_{\text{в}} = g_{\text{к}} \cdot K \quad (4.1.4)$$

где  $P_{\text{в}}$  – давление от временной нагрузки

$K$  – количество колес двух задних осей расчетного автомобиля, создающих суммарное давление, распространяющееся под углом  $45^\circ$

$g_{\text{к}}$  – удельное давление от одного колеса, МПа, определяется по формуле (3.1.5)

$$g_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{F}, \quad (4.1.5)$$

где  $P_{\text{к}}$  – нагрузка на колесо задней оси (для А-20К,  $P_{\text{к}} = 600$  МПа);

$F$  – площадь круга в основании насыпи при диаметре колеса  $D = 60$  см (для А=20К), определяется по формуле (4.1.6)

$$F = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_{\text{н}})^2}{4}, \quad (4.1.6)$$

где  $\pi$  – число Пи,  $\pi = 3,14$ ;

$(D + 2 \cdot h_{\text{н}})$  – диаметр круга в основании насыпи при высоте  $h_{\text{н}}$ ;

$h_H$  – высота насыпи, см.

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,60 + 2 \cdot 3,5)^2}{4} = 45,34 \text{ м}^2 = 453400 \text{ см}^2$$

$$g_K = \frac{6000}{453400} = 0,013 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 1,3 \text{ кПа};$$

$$P_B = 1,3 \cdot 6 = 7,8 \text{ кПа}$$

Давление на торф от собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P_H = \gamma_T \cdot h_H, \quad (4.1.7)$$

где  $P_H$  – давление на торф от собственного веса;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта, кг/см<sup>2</sup>

$h_H$  – то же, что и в формуле (4.1.6)

$$P_H = 1,8 \cdot 3,5 = 630 \text{ г/см}^2 = 63,0 \text{ кПа}.$$

Общее давление от временной нагрузки и собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P = P_B + P_H, \quad (4.1.8)$$

где  $P_B$  – то же, что и в формуле (4.1.4)

$P_H$  – то же, что и в формуле (4.1.7)

$$P = 7,8 + 63,0 = 70,8 \text{ кПа}.$$

Необходимо учесть дополнительное давление от веса грунта погруженной в торфяной массив насыпи, определяется по формуле

$$P_{oc} = \gamma_1 \cdot S, \quad (4.1.9)$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта, уменьшенный за счет ооъемной силы воды в торфе определяется по формуле (4.1.10)

$S$  – величина осадки в результате уплотнения торфа, см, определяется по формуле (4.1.11)

$$\gamma_1 = (1 - n_T)(\gamma_T - 1) \quad (4.1.10)$$

где  $n_T$  – пористость грунта насыпи, %;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта насыпи;

$$\gamma_1 = (1 - 0,55)(1,80 - 1) = 0,36 \text{ г/см}^3$$

$$S = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1}, \quad (4.1.11)$$

где  $H$  – мощность торфяной залежи, см;

$\varepsilon_0$  – коэффициент пористости торфяного грунта в естественном состоянии;

$\varepsilon_p$  – коэффициент пористости торфяного грунта при нагрузке  $P$

Коэффициент  $\varepsilon_p$  определяют по упрощенному компрессионному управлению Н.Н. Иванова

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 - Z \cdot \ln P$$

Где  $Z$  – постоянный коэффициент, зависящий от вида торфа = 1,2;

$\varepsilon_1$  – коэффициент пористости торфяного грунта при давлении  $P = 0.1$ , для тростникового торфа  $\varepsilon_1 = 5,1$ .

Если торфяная залежь имеет несколько слоев, коэффициенты  $\varepsilon_p$  и величину осадки определяют для каждого слоя.

Таблица 4.7 – Результаты расчета осадки торфяной залежи

Участок трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p) / (1 + \varepsilon_0)$	$S, \text{см}$
ПК	+										
91	50	0	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	0,000
92	00	1,06	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	0,851
92	50	1,43	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,147
93	00	1,74	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,396
93	50	1,6	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,284
94	00	1,72	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,380
94	50	1,7	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,364
95	00	1,63	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,308
95	36	1,63	70,8	1,2	5,1	4,260	-0,012	4	4,012	0,802	1,308

Вносим поправку в расчетное давление, добавляя к давлению от временной и постоянной нагрузок дополнительное давление от веса погруженной в торфяной массив части насыпи по формуле

$$P_{\text{расч}} = P + P_{\text{ос}}, \quad (4.1.14)$$

где  $P$  – то же, что и в формуле (4.1.8)

$P_{oc}$  – то же, что и в формуле (4.1.9)

$$P_{oc} = 0,36 \cdot 139 = 50,04 \frac{\Gamma}{\text{см}^3} = 5,0 \text{ кПа},$$

$$P_{расч} = 70,8 + 5,0 = 75,8 \text{ кПа}.$$

Для расчета откорректированного давления повторяем вышеприведенный расчет осадки насыпи и результаты заносим в таблицу 4.8

Таблица 4.8 – Откорректированный расчет осадки насыпи торфяной залежи

Уча- сток трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p)/$ $(1 + \varepsilon_0)$	$S, \text{см}$
ПК	+										
91	50	0	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	0,000
92	00	1,06	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	0,868
92	50	1,43	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,171
93	00	1,74	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,425
93	50	1,6	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,310
94	00	1,72	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,408
94	50	1,7	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,392
95	00	1,63	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,335
95	36	1,63	75,8	1,2	5,1	4,328	-0,094	4	4,094	0,819	1,335

Проверяем условие по формуле

$$K_{без} = \frac{P_{без}}{P_{расч}} \geq 1$$

где  $P_{без}$  – то же, что и в формуле (4.1.2)

$P_{расч}$  – то же, что и в формуле (4.1.14)

$$K_{без} = \frac{351,98}{75,8} = 4,64 \geq 1 - \text{условие выполняется.}$$

#### 4.2.1 Определение продолжительности осадки насыпи на участке ПК 50+00 по ПК 52+50

Продолжительность осадки насыпи на болоте начинают с определения коэффициента сжимаемости слоя торфа для ранее вычисленного давления  $P_{рас}$ . Расчет ведется по самому опасному поперечному сечению по формуле

$$a_i = \frac{\varepsilon_{0i} - \varepsilon_{pi}}{P_{рас}}; \quad (4.2.1)$$

где  $a_i$  – коэффициент сжимаемости  $i$ -го слоя торфа;

$\varepsilon_{0i}$  – то же, что и в формуле (4.1.11);

$\varepsilon_{pi}$  – то же, что и в формуле (4.1.11).

$$a_i = \frac{3-0,834}{112,39} = 0,020;$$

Определяем коэффициент вертикальной консолидации для слоя торфа

$$C_B = \frac{K_B \cdot (1 + \varepsilon_0) \cdot 8,64}{a \cdot \gamma_B}, \quad (4.2.2)$$

где  $K_B$  – коэффициент вертикальной фильтрации;

$\varepsilon_0$  – коэффициент первоначальной (естественной) пористости;

$\gamma_B$  – объемный вес воды, равна 1,0 кг/см<sup>3</sup>;

$a$  – коэффициент сжимаемости.

$$C_B = \frac{0,082 \cdot (1+3) \cdot 8,64}{0,020 \cdot 1000} = 0,141 \text{ м}^2/\text{сут}$$

Время необходимое для достижения 90-процентной консолидации определяется по формуле

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{H^2}{C_B}, \quad (4.2.3)$$

где  $H$  – толщина торфяной залежи;

$C_B$  – то же, что и в формуле (4.2.2)

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{3,3^2}{0,141} = 66 \text{ сут.}$$

Вывод: 90-процентная консолидация произойдет через 66 дня, так как требуемый срок консолидации равен 3 месяца, консолидация завершится раньше срока и предусматривать варианты земляного полотна с ускоренной осадкой не требуется.

#### **4.2.2 Определение продолжительности осадки насыпи на участке ПК 91+50 по ПК 95+36**

Продолжительность осадки насыпи на болоте начинают с определения коэффициента сжимаемости слоя торфа для ранее вычисленного давления  $P_{\text{рас}}$ . Расчет ведется по самому опасному поперечному сечению по формуле

$$a_i = \frac{\varepsilon_{0i} - \varepsilon_{pi}}{P_{\text{рас}}}, \quad (4.2.1)$$

где  $a_i$  – коэффициент сжимаемости  $i$ -го слоя торфа;  
 $\varepsilon_{0i}$  – то же, что и в формуле (4.1.11);  
 $\varepsilon_{pi}$  – то же, что и в формуле (4.1.11).

$$a_i = \frac{4+0,094}{75,8} = 0,054;$$

Определяем коэффициент вертикальной консолидации для слоя торфа

$$C_B = \frac{K_B \cdot (1 + \varepsilon_0) \cdot 8,64}{a \cdot \gamma_B}, \quad (4.2.2)$$

где  $K_B$  – коэффициент вертикальной фильтрации;  
 $\varepsilon_0$  – коэффициент первоначальной (естественной) пористости;  
 $\gamma_B$  – объемный вес воды, равна 1,0 кг/см<sup>3</sup>;  
 $a$  – коэффициент сжимаемости.

$$C_B = \frac{0,076 \cdot (1+4) \cdot 8,64}{0,054 \cdot 1000} = 0,061 \text{ м}^2/\text{сут}$$

Время необходимое для достижения 90-процентной консолидации определяется по формуле

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{H^2}{C_B}, \quad (4.2.3)$$

где  $H$  – толщина торфяной залежи;  
 $C_B$  – то же, что и в формуле (4.2.5)

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{1,74^2}{0,061} = 42 \text{ сут.}$$

Вывод: 90-процентная консолидация произойдет через 42 дня, так как требуемый срок консолидации равен 3 месяца, консолидация завершится раньше срока и предусматривать варианты земляного полотна с ускоренной осадкой не требуется.

### **4.3.1 Внедрение решения проектирования земляного полотна на ПК 50+00 по ПК 52+50**

Важным технико-экономическим показателем является продолжительность строительного периода. Под продолжительностью строительного периода понимают время с момента возведения насыпи до окончания ее полной осадки (90-процентная консолидация). Консолидация грунта – это замедленное уплот-

нение водонасыщенного болотного слоя торфа, происходящее за счет выжимания воды и сближения грунтовых частиц под воздействием насыпи. От времени осадки насыпи зависит срок окупаемости капитальных затрат на строительство дороги.

На рисунке 4.3 показана зависимость длительности 90-процентной консолидации от глубины торфяной залежи при различных типах конструкции земляного полотна.

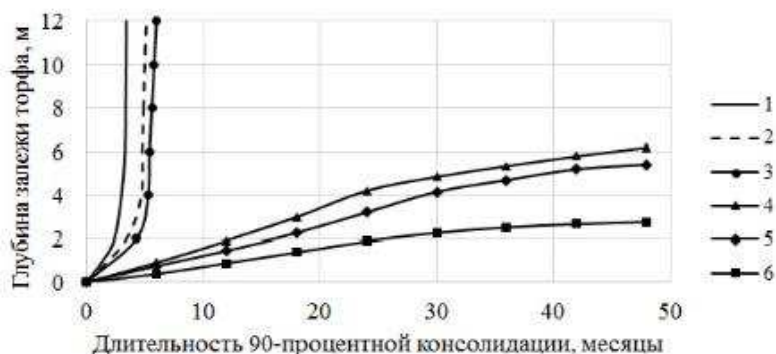


Рисунок 4.3 – Зависимость длительности консолидации от глубины торфяной залежи при различных типах конструкции земляного полотна; 1 – полное выторфовывание; 2 – вертикальные дрены (через 3м); 3 – дренажные прорези; 4 – дополнительная нагрузка высотой 1,5 м; 5 – частичное выторфовывание на 2/3 глубины; 6 – плавающие насыпи.

В целях обеспечения наиболее целесообразного выбора конструкции земляного полотна, были изучены возможные варианты земляного полотна для заданной категории дороги по таблице 3 [6], таблица 4.9

Таблица 4.9 - Конструкции земляного полотна в зависимости от типа и глубины болота

Тип болота	Глубина торфа, м	Рекомендуемая конструкция земляного полотна в зависимости от категории дороги		
		I	II и III	IV и V
	до 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	
I	2-4	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание или дренажные прорези для плотных торфов	Массивная насыпь, отсыпаемая на поверхность торфяной залежи для подтипа I-A или частичное выторфовывание для подтипа I-B
	более 4	Вертикальные дрены	Вертикальные дрены	
II	до 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	

#### Окончание таблицы 4.9

	2-6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа, с предварительным разрыхлением взрывным или механическим способом	Посадка насыпи на мин. дно болота, вертикальные дрены (для плотных торфов)	Облегченная плавающая насыпь из шлака и др. легких материалов или грунто-вая насыпь хворостяной (фашинной) выстилкой в основании
III	до 6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Принимается в каждом конкретном случае на основе технико-экономических расчетов
	Более 6	Свайная эстакада	Принимается в каждом конкретном случае на основе технико-экономических расче-	

Вывод: для IV категории автомобильных дорог при глубине болота от 2 до 4 м подходит конструкция массивной насыпи, осыпаемой на поверхность торфяной залежи, но т.к. данная дорога имеет дорожную одежду облегченного типа и является единственной дорогой которая объединяет данные поселки, было принято решение использование конструкции торфоприемников с частичным выторфовыванием залегающего слоя торфа для ускорения осадки насыпи.

## 5 Устройство торфоприемников на болотах

### 5.1 Конструкция торфоприемников

На залежах, где достаточно мощный (более 1 м) пласт I типа подстилается слоями сапропелей или иных образований II или III типа, рыхление требует значительных затрат и не всегда бывает успешным.

Сапропель — много вековые отложения пресноводных водоёмов, которые формируются из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, планктона, также часто из почвенного перегноя, который содержит большое количество органических веществ, гумуса, лигниногумусовый комплекс, углеводы, битумы и другие в коллоидном состоянии.

Иногда даже после рыхления, насыщенный корнями растений слой коры сохраняет значительное сопротивление сдвигу и не проявляет склонности к пластическим деформациям. В этих случаях допускают удаление только нижних слабых слоев с оставлением под насыпью верхнего пласта, предполагая, что в уплотненном состоянии он не будет представлять угрозы для надежной эксплуатации конструкции.



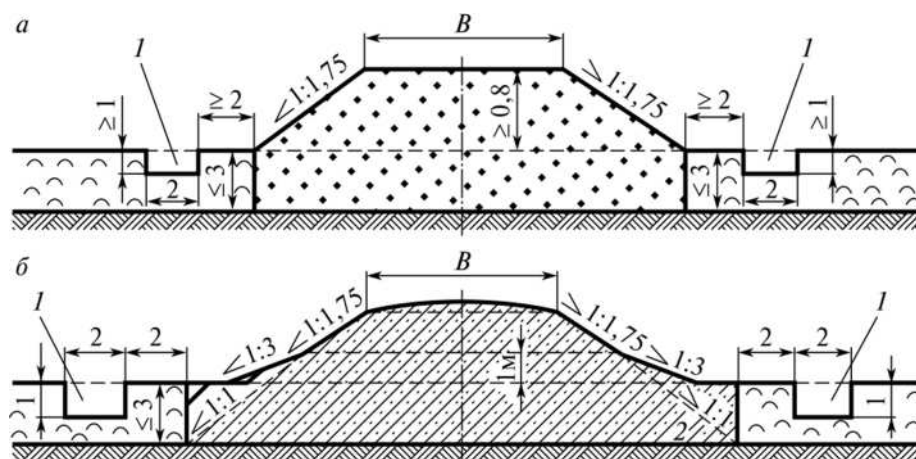


Рисунок 5.1 – Схема посадки насыпи в залежи I типа с использованием торфоприемников

Непосредственно под насыпью верхний прочный слой должен быть сохранен без изменений, а за пределами контура подошвы его прерывают, устраивая торфоприемники, облегчающие выдавливание нижних слоев.

Торфоприемники устраивают путем механической экскавации или взрывным способом. Расстояние от внутренней бровки торфоприемной траншеи до насыпи обычно принимает 2,0 – 2,5 м, но не больше толщины плотного слоя. Ширина траншей должна быть не менее половины мощности слоя, подлежащего выдавливанию, а глубина доходить до кровли этого слоя (рис 5.1). Устройство торфоприемников должно несколько опережать работы по отсыпке методами, принятыми для выторфовывания.

Торфоприемники применяют также в случаях, когда из-за ошибки в изысканиях или в проектных расчетах не удастся осуществить предполагаемое выдавливание слабого слоя весом возведенной насыпи. Если траншеи приходится отрывать уже после возведения насыпи, следует учитывать, что основание будет находиться в напряженном состоянии. Разработку траншей рекомендуется вести одновременно с двух сторон, так как отклонение от симметрии может вызывать перекос насыпи.

## 5.2 Способы возведения насыпи с использованием торфоприемников

Погружение насыпи по мере ее наращивания сопровождается заполнением торфоприемников переформированием торфом. Процесс погружения часто затухает после заполнения торфоприемников доверху. В этом случае необходимо их очистить, после чего погружение возобновляется.

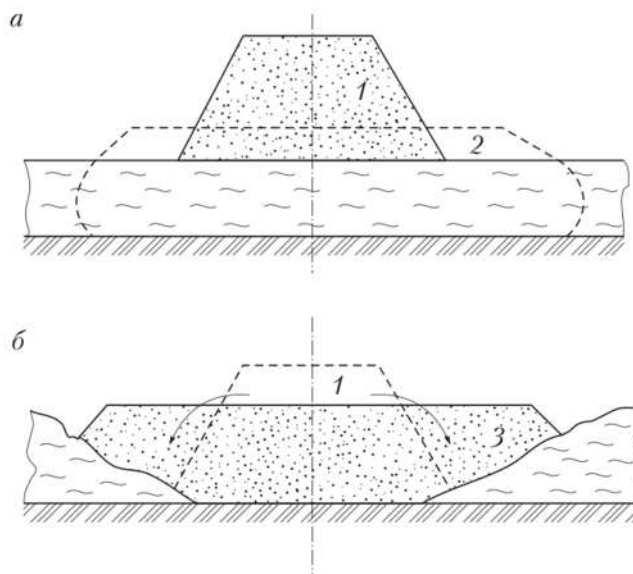


Рисунок 5.2 – Посадка насыпи на дно болота с помощью временной перегрузки.

Если проектное сечение насыпи не обеспечивает расчетной величины нагрузки, необходимой для выдавливания слабого слоя, может быть рекомендован способ перегрузки. Этот способ заключается в том, что насыпь независимо от ее проектной высоты сразу возводят до требуемой по расчету высоты  $h_{тр}$ . После того как произойдет посадка насыпи подошвой на дно болота, излишний слой, превышающий проектную отметку, снимают и используют для расширения, уполаживания откосов и т.п.

Так же существует способ погружения насыпи с помощью каменной наброски в основание. Этим способом строили переходы через болота железнодорожных путей, когда выполнение земляных работ ниже уровня грунтовых вод было весьма сложной проблемой. Насыпи, имеющие в основании каменную наброску, хорошо эксплуатируются, однако использовать данный метод нецелесообразно из-за высокой стоимости.

Считается, что простота строительства и надежность в эксплуатации такого земляного полотна окупает довольно высокую стоимость строительства.

Посадка насыпи на дно болота II или III типа требует применения специальных технологических приемов. На практике эти приемы применяются в комплексе с удалением верхнего слоя, рыхления или устройства торфоприемников и обеспечивают более надежное достижение заданных результатов.

Возведение насыпи способом «с головы» может обеспечивать выдавливание слабого слоя типов II-Б и III при консистенции, близкой к текучей. Головная часть насыпи в форме клипа с углом  $60-90^\circ$  выполняется путем надвигки бульдозером грунта, подвозимого автомобилями-самосвалами. Однако выдавливаемый торф быстро собирается в вал впереди головы насыпи и препятствует ее погружению. Этот вал необходимо постоянно выбирать. Наиболее простой способ заключается в вычерпывании болотного грунта из вала. Технология этой операции сходна с выторфовыванием поперечными траншеями (рис 5.3)

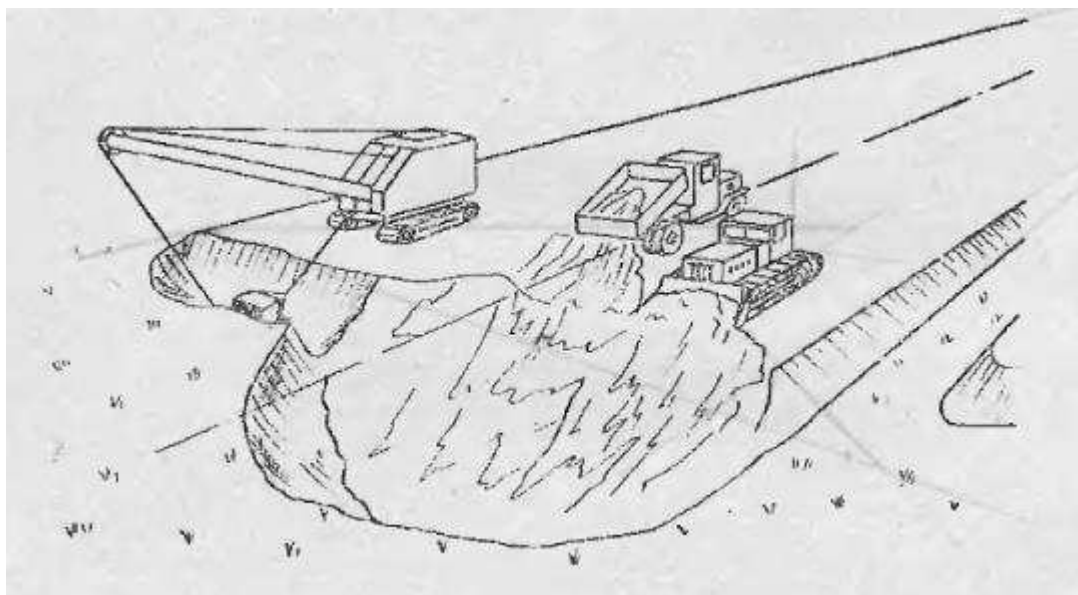


Рисунок 5.3 – Схема выторфовывания поперечными траншеями.

Аналогичный принцип последовательного отжатия болотного слоя используется при возведении насыпей продольными захватами. Выражение

$$H_{\text{кон}} = \frac{cB}{2h_{\text{н}}y_{\text{н}}}$$

Показывает, что устойчивость основания пропорционально ширине полосы загрузки, например, сокращая в три раза ширину насыпи, можно получить такой же эффект выдавливания, как и при наращивании высоты насыпи в 3 раза.

При любом способе погружения возведение насыпи следует вести как можно быстрее. Сменная захватка устанавливается таким образом, чтобы без перерыва обеспечить возведение насыпи на расчетную высоту, необходимую для выдавливания. Окончательно насыпь оформляют только после посадки.

Следует заметить, что после нарушения устойчивости и выдавливания части слабого слоя в оставшемся слое структурное единство массива бывает нарушено и основание находится в состоянии предельного равновесия. Учитывая это, выдавливание произойдет на всю глубину болотной залежи – насыпи до дна. Оставления части слабого слоя возможно лишь при повышенной его прочности по сравнению с выдавленным или при использовании метода временной перегрузки.

Контроль за погружением насыпи и толщиной оставшегося под насыпью слабого слоя осуществляют с помощью бурения.

## **6 Технология сооружения земляного полотна с использованием метода частичного выторфовывания**

Технологическая последовательность рабочих процессов следующая:

- а) Подготовка полосы отвода и разработка грунта основания;
- б) Разработка траншей выторфовывания, а также торфоприемников
- в) Послойная отсыпка и уплотнение грунта насыпи.

1) Подготовка полосы отвода и основания следует начинать, когда болота промерзнут не менее чем на 10-15 см. Для более быстрого промерзания торфа по полосам движения экскаватора, их со сторон траншеи выторфовывания очищают от снега, кустарника, мелколесья на ширину 10 м и на длину траншеи выторфовывания. Снег на месте будущей траншеи сохраняют до начала работ по выторфовыванию, чтобы не допускать продолжения промерзания болота.

Для обеспечения безопасной работы экскаватора толщина промерзшего слоя торфа на боковых полосах должна быть не менее величин, указанных в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Зависимость высоты промерзания торфяной залежи от сопротивления сдвигу

Сопротивление сдвигу верхнего слоя торфяной залежи (по крыльчатке) $t_{cg}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$H_g$ , м	$H_{np}$ , м
>0,1	1	0,40
0,1-0,05	1,15	0,45
<0,05	1,30	0,50

2) Основную траншею выторфовывания разрабатывают экскаваторами в продольном направлении, предварительно очистив поверхность траншеи от снега. На болотах I типа, благодаря быстрому промерзанию откосов, стенки траншеи и торфоприемники обычно не оплывают и не пропускают воду.

В конце каждой смены дно траншеи выторфовывания зачищают бульдозерами. Торфяные валы в отвале разравнивают бульдозерами до замерзания торфа.

3) После промерзания дна траншеи на глубину, обеспечивающую проезд автомобилей (10-15 см), завозят минеральный грунт самосвалами, послойно его разравнивают бульдозерами и уплотняют до требуемой норм катками на пневматических шинах или трамбуемыми машинами.

4) Земляное полотно, послойно уплотняют, отсыпают до проектных отметок или на увеличенную высоту в случае создания задела на летний период. Во всех случаях земляное полотно, отсыпанное в зимний период, должно возвышаться над поверхностью болота не менее чем на 0,5 м.

5) При сооружении земляного полотна из глинистых грунтов в холодный период все технологические операции, такие как разработка грунта в карьере и его уплотнение в насыпи, должны быть выполнены за период, в течение которого температура грунта будет держаться не ниже + 0,5°С. Исходя из этого назначают длину захватки земляных работ:

Таблица 6.2 – Зависимость длин захваток от температуры воздуха

Температура воздуха, °С	Длина захватки, м
До -10	150
От -10 до -20	100
Ниже -20	50

### **6.1 Контроль и приемка работ по возведению насыпи земляного полотна на болотах**

1) В процессе возведения земляного полотна на болотах осуществляется систематический контроль, освидетельствование и приемка законченных работ, руководствуясь правилами СП 68.13330.2017. Текущий контроль за возведением земляного полотна, включая и контроль за уплотнением насыпи, выполняют лаборатории и контрольные посты строительных подразделений

2) В задачи полевого контроля, имеющего особо важное значение в условиях зимних работ, входит:

обследование грунтов до начала работ в намеченных к разработке карьерах;

уточнение режима работы уплотняющих машин при изменении характера грунтов и погодных условий;

повседневный контроль за качеством уплотнения, влажностью и составом грунта, чтобы не допустить отсыпку мерзлых грунтов сверх установленных норм;

контроль за ходом промерзания торфяных оснований и торфяных слоев насыпей.

3) Данные, полученные в процессе систематического контроля, заносят в журнал контроля уплотнения насыпей, такие как:

пункты и способы разработки и транспортирования грунтов, характеристики грунтов (минеральных и торфяных) по данным лабораторных исследований;

методы разравнивания и уплотнения грунта;

толщины отсыпаемых слоев и степень уплотнения;

температуру во время производства работ, время выпадения осадков, способы удаления снега с насыпи;

пикетные толщины насыпей, возведенных за сутки.

4) Контроль за ходом промерзания торфяной залежи оснований осуществляют бурением мерзлого грунта через каждые 100 м на болотах I типа и 50 м - на болотах II типа по трассе дороги в трех точках (ось, слева и справа на 10 м от оси).

5) При сооружении земляного полотна на болотах с использованием торфа в основании и в нижней части насыпи толщины конструктивных слоев насыпи контролируют попикетно бурением слоев в трех точках (ось, слева и справа на 4 м от оси) или нивелированием.

## **6.2 Техника безопасности при возведении земляного полотна на болотах**

1) При возведении земляного полотна руководствуются правилами по технике безопасности, изложенных в СП 12-135-2003 «Безопасность труда в строительстве» и «Правилами охраны труда при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог».

2) Применяемые механизмы, машины и оборудование должны соответствовать характеру выполняемой работы, быть подготовлены к работе в зимних условиях и находиться в исправном состоянии.

3) Непосредственными исполнителям мероприятий по охране труда и ответственными за их исполнение являются производители работ, дорожные мастера и линейные механики.

4) Дорожно-строительные работы на болотах, а также движение по автозимникам разрешается начинать после промерзания болот на глубину, обеспечивающую безопасный пропуск дорожных и транспортных средств.

5) При рыхлении грунтов в карьерах взрывами необходимо руководствоваться Инструкцией по технике безопасности на буровзрывных работах в строительстве. Радиус опасной зоны при взрывных работах: для людей - не менее 200 м; для машин и механизмов - не менее 100 м

6) Запрещается предварительно делать врубы в забое карьера в целях обрушения вышележащей толщи мерзлых грунтов. При рыхлении мерзлого грунта экскаватором не разрешается находиться людям в радиусе 50 м. При одновременной работе двух экскаваторов (один из которых рыхлит мерзлый грунт, а второй разрабатывает его) они должны находиться на расстоянии не менее 60 м друг от друга.

7) Работы по подготовке полосы отвода и основания на болотах (расчистка полос для движения экскаватора, проминка и расчистка торфяных оснований) следует выполнять под непосредственным наблюдением дорожного мастера.

8) Для обеспечения безопасности движения транспорта до начала дорожных работ должны быть сооружены подъездные пути к карьерам торфа, грунта и участкам работ. Эти пути в зимнее время следует систематически очищать от снега, а на кривых и участках с уклонами - посыпать песком или грунтом. Для обозначения ширины полосы движения машин при снегопадах и метелях необходимо устанавливать, вехи с двух сторон подъездных путей через каждые 20 м.

## 7 Определение производительности строительной техники и расчет сменных объёмов работ

### 7.1 Определение объёмов земляных работ

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

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

Объёмы земляных работ предоставлены в приложении Ж.

Объёмы земляных работ на первом участке болота и втором предоставлены в приложениях А и Б.

Производительность бульдозера, скрепера, 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

$$\Pi = \frac{T \cdot E}{H_{вр}} \quad (7.1)$$

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

$$\Pi = \frac{T_c \cdot q \cdot k_r \cdot k_v}{2 \frac{l_{ср}}{v_{ср}} + t_{пр}} \quad (7.2)$$

где  $T_c$  – продолжительность смены, ч;

$q$  – грузоподъемность автомобиля, т;

$k_r$  – коэффициент использования грузоподъемности, равный отношению загрузки автомобиля к полной грузоподъемности;

$k_v$  – 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 сменной захватки, м, по формуле

$$L_{захв} = \frac{\Pi}{Q_{уч}}, \quad (7.3)$$

где  $\Pi$  – производительность ведущей машины;

$Q_{уч}$  – объём работ на этом участке (или сумма объёмов работ на участках)

Необходимое количество машин определяется по формуле:

$$N_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{п}}^{\text{см}}}{\Pi_{\text{м}}^{\text{см}}}, \quad (7.4)$$

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

$\Pi_{\text{м}}^{\text{см}}$  – производительность машины в смену.

Коэффициент использования машины по времени находим по формуле:

$$k_{\text{вп}} = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{прин}}}, \quad (7.5)$$

где  $N_{\text{расч}}$  – то же что и в формуле (7.4);

$N_{\text{прин}} = 1$ .

Количество смен на каждый вид работ определяется по формуле:

$$T = \frac{V_{\text{об}}}{\Pi_{\text{МО}}},$$

где  $V_{\text{об}}$  – общий объём;

$\Pi_{\text{МО}}$  – производительность ведущей машины.

## **7.2 Определение производительности машин и длин захваток для первого участка ПК 50+00 по ПК 52+50**

По принятой мною технологии производства работ и установленному сменному объёму работ была составлена технологическая последовательность процессов и рассчитаны потребные ресурсы.

Производительность экскаватора гусеничный с обратной лопатой Hitachi Zaxis ZX130K:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,58} = 1379,31 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч } l1} = \frac{1379,31}{1379,31} = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп } l1} = \frac{1}{1} = 1$$

$$N_{\text{расч } l2} = \frac{1666,6}{1379,31} = 1,2 = 2 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп } l2} = \frac{0,6}{1} = 0,6$$



Производительность бульдозера D155A-5:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,85} = 941,17 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1882,34}{1882,34} = 1$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{1}{1} = 1$$

Вывод: Во избежание больших простоев в захватки принимаем 2 бульдозера.

Производительность автогрейдера ЧСДМ ДЗ-98:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,38} = 2105,26 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{2105,26} = 0,79 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,79}{1} = 0,79$$

Производительность экскаватора ЕТ-25

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,48} = 1666,66 \text{ м}^3/\text{см}$$

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

$$k_{\text{вп}} = \frac{1}{1} = 1$$

Производительность автосамосвала КаМАЗ 65115

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

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{186} = 8,96 = 9 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,99}{1} = 0,99$$

Производительность катка MRP16

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,22} = 3636,36 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{3636,36} = 0,45 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,45}{1} = 0,45$$

Далее определяем длину захватки

Длина первой захватки (ведущая машина экскаватор ZX130К)

$$L_1 = \frac{1379,31}{1825,76} \cdot 250 = 188,86$$

$$T_1 = \frac{1825,76}{1379,31} = 2 \text{ см.}$$

Длина второй захватки (ведущая машина экскаватор ЕТ-25)

$$L_2 = \frac{1666,6}{20944,7} \cdot 250 = 19,89$$

$$T_2 = \frac{20944,7}{1666,6} = 13 \text{ см.}$$

Длина третьей захватки (ведущая машина бульдозера D155A-5)

$$L_3 = \frac{941,17}{4481,07} \cdot 250 = 52,50$$

$$T_3 = \frac{4481,07}{941,17} = 5 \text{ см.}$$

Состав отряда по возведению земляного полотна на болоте участок 50+00 по 52+50 представлен в Приложении Д.

### **7.3 Определение производительности машин и длин захваток для второго участка ПК 91+50 по ПК 95+36**

По принятой мной технологии производства работ и установленному сменному объёму работ была составлена технологическая последовательность процессов и рассчитаны потребные ресурсы.

Производительность экскаватора гусеничный с обратной лопатой Hitachi Zaxis ZX130K:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,58} = 1379,31 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч } l1} = \frac{1379,31}{1379,31} = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп } l1} = \frac{1}{1} = 1$$

$$N_{\text{расч } l2} = \frac{1666,6}{1379,31} = 1,2 = 2 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп } l2} = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

Производительность бульдозера D155A-5:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,85} = 941,17 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1882,34}{1882,34} = 1$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{1}{1} = 1$$

Вывод: Во избежание больших простоев в захватки принимаем 2 бульдозера.

Производительность автогрейдера ЧСДМ ДЗ-98:

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,38} = 2105,26 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{2105,26} = 0,79 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,79}{1} = 0,79$$

Производительность экскаватора ЕТ-25

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,48} = 1666,66 \text{ м}^3/\text{см}$$

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

$$k_{\text{вп}} = \frac{1}{1} = 1$$

Производительность автосамосвала КаМАЗ 65115

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

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{186} = 8,96 = 9 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,99}{1} = 0,99$$

Производительность катка МРР16

$$\Pi = \frac{8 \cdot 100}{0,22} = 3636,36 \text{ м}^3/\text{см}$$

$$N_{\text{расч}} = \frac{1666,6}{3636,36} = 0,45 = 1 \text{ шт.}$$

$$k_{\text{вп}} = \frac{0,45}{1} = 0,45$$

Далее определяем длину захватки

Длина первой захватки (ведущая машина экскаватор ZX130K)

$$L_1 = \frac{1373,31}{920,83} \cdot 386 = 386$$

$$T_1 = \frac{920,83}{1379,31} = 1 \text{ см.}$$

Длина второй захватки (ведущая машина экскаватор ЕТ-25)

$$L_2 = \frac{1666,6}{20602,75} \cdot 386 = 31,22$$

$$T_2 = \frac{20602,75}{1666,6} = 13 \text{ см.}$$

Длина третьей захватки (ведущая машина бульдозер D155A-5)

$$L_3 = \frac{941,17}{3586,44} \cdot 386 = 101,29$$

$$T_3 = \frac{3586,44}{941,17} = 4 \text{ см.}$$

Состав отряда по возведению земляного полотна на болоте участок 91+50 по 95+36 представлен в Приложении Е.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мною были проанализированные климатические условия места проекта производства работ, и материально-технические условия производства работ. Определил типы и количество заболоченных участков на трассе Дзержинск – Абан. Проведены анализы грунтов, которые содержатся на данных болтах. Определил величину осадки насыпи и сроки консолидации. Исходя из типа болот и сроков консолидации, а также полученных данных, мною был выбран рациональный тип насыпи. Мною были изучены технологические особенности строительства дорог через болота, контроль и приемка работ по возведению земляного полотна на болоте и техника безопасности возведения земляного полотна. Были рассчитаны объёмы работ на болотах данного участка и подобраны строительные отряды, а также построен календарный график.

## 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. Евгенийев. И.Е. Строительство автомобильных дорог через болота. – 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. Евгенийев И.Е. Указания по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на болотах. – 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 через болота. - 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. Осадка насыпи на болоте – [https://road-project.okis.ru/difficult\\_kp.html](https://road-project.okis.ru/difficult_kp.html) - 12 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица – Ведомость земляных работ по возведению насыпи на участке ПК 50+00 по 52+50

Вводимые данные					параметры торфоприемника		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	профильные объемы		поправки, м <sup>3</sup>		Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m	Глубина торфоприемника	ширина поверху, м	объем, м <sup>3</sup>	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие части слоя торфа	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом уплотнения	выемка
50+00	0	2,32	1,5	0	0	0	33,91	0	100,96	0	0	0	0	0	0
50+23	23	5,2	1,5	3,3	1,65	125,23	100,96	0	100,96	2088,86	0	117,76	-101,2	2273,63	
50+50	27	5,2	1,5	1,58	0,79	33,70	100,96	0	100,96	2452,14	0	138,24	-118,8	2555,72	
51+00	50	5,2	1,5	1,07	0,535	28,62	100,96	0	100,96	4541	0	256	-220	4699,03	
51+50	50	5,2	1,5	1,06	0,53	28,09	100,96	0	100,96	4541	0	256	-220	4698,49	
52+00	50	5,2	1,5	0,91	0,455	20,70	100,96	0	100,96	4541	0	256	-220	4691,11	
52+50	50	5,2	1,5	0	0	0	100,96	0	30,549	2780,73	0	256	-220	2874,21	
<b>всего</b>						<b>236,35</b>				<b>20944,7</b>		<b>1280</b>		<b>21792,2</b>	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица – Ведомость земляных работ по срезки лишнего слоя насыпи на ПК 50+00 по ПК 52+50

Вводимые данные					параметры торфоприемника		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	профильные объемы				Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m			насыпи	выемки	насыпь		выемка			насыпь с учетом уплотнения	выемка	
50+00	0	0	1,5		0	0	0	0,6054	0,035676	0	0	0		0	
50+23	23	0,12	1,5		0	0	1,2216	9,83535	122,3034	0	0	0	124,7993	0	
50+50	27	1,48	1,5		0	0	18,0856	19,84	511,8498	0	0	0	522,2957	0	
51+00	50	1,73	1,5		0	0	21,78935	19,5446	1032,927	0	0	0	1054,007	0	
51+50	50	1,45	1,5		0	0	17,65375	15,67415	832,83	0	0	0	849,8265	0	
52+00	50	1,18	1,5		0	0	13,8886	6,42215	501,2419	0	0	0	511,4713	0	
52+50	50	2,57	1,5		0	0	35,60735	23,94535	1479,891	0	0	0	1510,092	0	
<b>Всего</b>							<b>108,2463</b>		<b>4481,078</b>				<b>4572,492</b>		



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица – Ведомость земляных работ по возведению насыпи на участке ПК 91+50 по 95+36

Вводимые данные					параметры торфо-приемника		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	профильные объемы		поправки, м <sup>3</sup>		Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m	Глубина торфо-приемника	ширина по-верху, м	объем, м <sup>2</sup>	насыпи	вы-емки		насыпь	вы-емка	на снятие части слоя торфа	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом уплотнения	вы-емка
91+50	0	1,89	1,5	0	0	0	24,25	0	37,75	0	0	0	0	0	0
92+00	50	3,5	1,5	1,06	0,53	28,09	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2735,99	
92+50	50	3,5	1,5	1,43	0,715	51,12	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2759,03	
93+00	50	3,5	1,5	1,74	0,87	75,69	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2783,59	
93+50	50	3,5	1,5	1,6	0,8	64	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2771,90	
94+00	50	3,5	1,5	1,72	0,86	73,96	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2781,86	
94+50	50	3,5	1,5	1,7	0,85	72,25	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2780,15	
95+00	50	3,5	1,5	1,63	0,815	66,42	53,375	0	53,37	2668,7	0	205	-220	2774,33	
95+36	36	3,5	1,5	1,63	0,815	47,82	53,375	0	53,37	1921,5	0	147,6	-158,4	1997,51	
<b>всего</b>						<b>479,35</b>	<b>451,25</b>			<b>20602,7</b>		<b>1582,6</b>		<b>21384,4</b>	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица – Ведомость земляных работ по срезки лишнего слоя насыпи на ПК 91+50 по ПК 95+36

Вводимые данные				параметры торфоприемника		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	профильные объемы				Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m			насыпи	выемки		насыпь	выемка			насыпь с учетом уплотнения	выемка
91+50	50	0	1,5				0		1,32	32,81				33,48
92+00	50	0,26	1,5	0	0	0	2,70	0	2,37	127,00	0	0	0	129,59
92+50	50	0,2	1,5		0	0	2,06	0	3,68	143,17	0	0	0	146,09
93+00	50	0,5	1,5		0	0	5,37	0	7,37	318,16	0	0	0	324,66
93+50	50	0,84	1,5		0	0	9,45	0	13,34	568,50	0	0	0	580,10
94+00	50	1,44	1,5		0	0	17,51	0	16,51	850,55	0	0	0	867,91
94+50	50	1,29	1,5		0	0	15,39	0	12,02	684,29	0	0	0	698,25
95+00	50	0,8	1,5		0	0	8,96	0	9,20	454,20	0	0	0	463,47
95+36	36	0,83	1,5		0	0	9,33	0	9,33	336,00	0	0	0	342,85
<b>всего</b>							<b>70,79</b>			<b>3514,71</b>				<b>3586,44</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица – Состав отряда по возведению земляного полотна на участке ПК 50+00 по ПК 52+50

№	Наименование технологических операций	Источник обоснования норм выработки	Единица измерения	Объем работ на захватку	Производительность машин	Коэффициент загрузки	Количество техники
1	Разработка верхнего слоя торфа (0,2 м) экскаватором ZX130К	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1379,31	1379,31	1	1
2	Разработка грунта экскаватором ET-25 в карьере	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1666,6	1666.6	1	1
3	Разработка торфоприемников экскаватором ZX130К	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1666.6	1379.31	0,6	2
4	Транспортировка грунта автосамосвалом КАМАЗ 65115 с грузоподъемностью 15т	Расчет	м <sup>3</sup>	1666,6	186	0,99	9
5	Перемещение и разравнивание грунта автогрейдером ДЗ-98	§E2-1-16, табл. 2	м <sup>3</sup>	1666,6	2105,26	0,79	1
6	Срезка грунта после консолидации бульдозером D1155A-5 в сторону откосов для укрепления берм и откосов	§E2-1-28, табл. 3	м <sup>3</sup>	1882,34	1882,34	1	2
7	Уплотнения слоя насыпи катком MRP16	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1882,34	3636.36	0.6	1

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица – Состав отряда по возведению земляного полотна на участке ПК 91+50 по ПК 95+36

№	Наименование технологических операций	Источник обоснования норм выработки	Единица измерения	Объем работ на захватку	Производительность машин	Коэффициент загрузки	Количество техники
1	Разработка верхнего слоя торфа (0,2 м) экскаватором ZX130K	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1379,31	1379,31	1	1
2	Разработка грунта экскаватором ET-25 в карьере	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1666,6	1666.6	1	1
3	Разработка торфоприемников экскаватором ZX130K	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1666.6	1379.31	0,6	2
4	Транспортировка грунта автосамосвалом КАМАЗ 65115 с грузоподъемностью 15т	Расчет	м <sup>3</sup>	1666,6	186	0,99	9
5	Перемещение и разравнивание грунта автогрейдером ДЗ-98	§E2-1-16, табл. 2	м <sup>3</sup>	1666,6	2105,26	0,79	1
6	Срезка грунта после консолидации бульдозером D1155A-5 в сторону откосов для укрепления берм и откосов	§E2-1-28, табл. 3	м <sup>3</sup>	1882,34	1882,34	1	2
7	Уплотнения слоя насыпи катком MRP16	§E2-1-11	м <sup>3</sup>	1882,34	3636.36	0.6	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица – Ведомость земляных работ

Вводимые данные					параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	профильные объемы		поправки, м <sup>3</sup>		Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m	Ширина заюветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина по-верху, м	площадь, м <sup>2</sup>	насып и	выемк и		насыпь	выемк а	на сня-тие ча-сти слоя торфа	на устрой-ство дорож-ной одежд ы	насыпь с учетом уплотне-ния	выемк а
51+50	0	3,18	3	0	0	0	62,14	0	62,14	0,00	0	0	0	0	0
52+00	50	3,45	3	0	0	0	70,21	0	35,14	2626,91	0	146,75	-192,5	3054,75	0
53+00	100	2,07	3	0	0	0	33,55	0	47,31	4029,68	0	252,1	-385	4818,14	0
54+00	100	3,15	3	0	0	0	61,27	0	20,99	4099,62	0	289,6	-385	4927,77	0
55+00	100	2	3	0	0	0	32,00	0	42,26	3699,54	0	263,5	-385	4492,90	0
56+00	100	1,91	3	0	0	0	30,04	0	42,26	3601,76	0	260,8	-385	4390,36	0
57+00	100	1,9	3	0	0	0	29,83	0	28,98	2926,94	0	260,5	-385	3701,47	0
58+00	100	1,29	3	0	0	0	17,89	0	28,14	2287,98	0	242,2	-385	3030,79	0
59+00	100	2,01	3	0	0	0	32,22	0	33,78	3286,48	0	263,8	-385	4071,71	0
60+00	100	2,06	3	0	0	0	33,33	0	33,11	3308,42	0	265,3	-385	4095,63	0
61+00	100	2,07	3	0	0	0	33,55	0	34,00	3364,45	0	265,6	-385	4153,11	0
62+00	100	2,22	3	0	0	0	36,99	0	36,06	3638,62	0	270,1	-385	4437,47	0

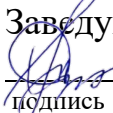
Продолжение приложения Ж

63+00	100	2,11	3	0	0	0	34,46	0	32,88	3353,56	0	266,8	-385	4143,22	0
64+00	100	2,08	3	0	0	0	33,78	0	31,78	3264,48	0	265,9	-385	4051,40	0
65+00	100	1,99	3	0	0	0	31,78	0	33,78	3264,48	0	263,2	-385	4048,65	0
66+00	100	2,08	3	0	0	0	33,78	0	35,83	3466,80	0	265,9	-385	4257,85	0
67+00	100	2,17	3	0	0	0	35,83	0	36,06	3580,70	0	268,6	-385	4376,83	0
68+00	100	2,18	3	0	0	0	36,06	0	37,45	3662,00	0	268,9	-385	4460,10	0
69+00	100	2,24	3	0	0	0	37,45	0	39,83	3850,48	0	270,7	-385	4654,27	0
70+00	100	2,34	3	0	0	0	39,83	0	35,14	3734,78	0	273,7	-385	4539,27	0
71+00	100	2,14	3	0	0	0	35,14	0	33,33	3409,98	0	267,7	-385	4201,71	0
72+00	100	2,06	3	0	0	0	33,33	0	31,16	3211,10	0	265,3	-385	3996,32	0
73+00	100	1,91	3	0	0	0	30,04	0	29,19	2948,25	0	260,8	-385	3723,52	0
74+00	100	1,87	3	0	0	0	29,19	0	26,28	2759,97	0	259,6	-385	3530,17	0
75+00	100	1,73	3	0	0	0	26,28	0	25,07	2553,77	0	255,4	-385	3315,48	0
76+00	100	1,67	3	0	0	0	25,07	0	26,69	2574,21	0	253,6	-385	3334,50	0
77+00	100	1,75	3	0	0	0	26,69	0	22,32	2437,01	0	256	-385	3196,95	0
78+00	100	1,53	3	0	0	0	22,32	0	27,10	2457,57	0	249,4	-385	3211,19	0
79+00	100	1,77	3	0	0	0	27,10	0	30,91	2886,81	0	256,6	-385	3656,54	0
80+00	100	1,95	3	0	0	0	30,91	0	32,66	3165,01	0	262	-385	3945,93	0
81+00	100	2,03	3	0	0	6	32,66	0	27,31	2984,90	0	264,4	-385	3770,59	0
82+00	100	1,78	3	0	0	0	27,31	0	36,52	3177,76	0	256,9	-385	3953,73	0
83+00	100	2,2	3	0	0	0	36,52	0	29,40	3282,66	0	269,5	-385	4073,63	0
84+00	100	1,88	3	0	0	0	29,40	0	28,98	2905,60	0	259,9	-385	3679,08	0
85+00	100	1,86	3	0	0	0	28,98	0	36,52	3261,44	0	259,3	-385	4041,57	0
86+00	100	2,2	3	0	0	0	36,52	0	26,69	3146,88	0	269,5	-385	3935,08	0
87+00	100	1,75	3	0	0	0	26,69	0	49,40	3790,64	0	256	-385	4578,20	0
88+00	100	2,72	3	0	0	0	49,40	0	64,48	5680,40	0	285,1	-385	6536,22	0

Окончание приложения Ж

89+00	100	3,26	3	0	0	0	64,48	0	28,56	4638,48	0	301,3	-385	5489,57	0
90+00	100	1,84	3	0	0	0	28,56	0	16,15	2221,76	0	258,7	-385	2980,06	0
91+00	100	1,19	3	0	0	8	16,15	0	29,62	2274,73	0	239,2	-385	3022,21	0
92+00	100	1,89	3	0	0	0	29,62	0	34,91	3212,85	0	260,2	-385	3992,91	0
93+00	100	2,13	3	0	0	0	34,91	0	19,15	2689,48	0	267,4	-385	3466,20	0
94+00	100	1,36	3	0	0	0	19,15	0	10,22	1454,80	0	244,3	-385	2182,76	0
95+00	100	0,82	3	0	0	0	10,22	0	18,79	1436,70	0	228,1	-385	2147,76	0
95+36	36	1,34	3	0	0	0	18,79	0	42,26	1094,00	0	87,732	-138,6	1452,78	0
<b>Всего</b>	<b>4386</b>									<b>140704,3</b>		<b>11517,88</b>		<b>175120,36</b>	


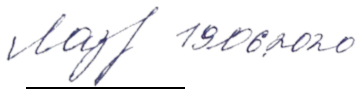
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 В.В. Серватинский  
подпись  
« 23 » июня 20 20 г.

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект производства работ по капитальному ремонту  
автомобильной дороги Абан-Дзержинское

Руководитель	 подпись, дата	доцент, к.т.н. должность, ученая степень	Сабинин.В.Л инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		Лазицкий.Н.А инициалы, фамилия

Красноярск 2020