Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

<u>Инженерно-строительный институт</u> институт

Автомобильных дорог и городских сооружений кафедра

| Y I BEP | кдаю |
|---------|-------------------|
| Заведую | щий кафедрой |
| | В.В. Серватинский |
| подпись | инициалы, фамилия |
| «» | 20 г. |

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство» 08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги и аэродромы»

<u>Проектирование участка автомобильной дороги с учетом прогноза глубины</u> промерзания насыпи

тема

| Руководитель | подпись, дата | доцент, канд.техн.наук должность, учетная степень | Т.В. Гавриленко инициалы, фамилия |
|----------------|---------------|---|-----------------------------------|
| Выпускник | подпись, дата | | М.С. Зюзин инициалы, фамилия |
| Нормоконтролер | | | Т.А. Федорова |
| | подпись, дата | | инициалы, фамилия |

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

| | УТВЕРЖ | КДАЮ | |
|------------|---------|-----------|-------|
| | Заведую | щий кафе | едрой |
| | B.B. C | ерватинск | сий |
| « <u> </u> | » | 20 | Γ. |

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме <u>бакалаврской работы</u> (бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

| Студенту Зюзину Ми | хаилу Сергеевич | y | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| | пия, имя, отчество студента(ки) | | |
| Группа <u>ДС12-12</u> Напра | авление (специаль | ьность) | |
| | строительство | | |
| | (наименование) | _ | |
| Тема выпускной квалифика | | | |
| автомобильной дороги с уч | етом прогноза глу | <u>/бины проме</u> ј | рзания насыпи. |
| | | | |
| Утверждена приказом по ун | | | |
| Руководитель ВКР Т.В. Гав | риленко, доцент | кафедры АД | <u>и ГС, к.т.н.</u> |
| II DI'D | (инициалы, фамилия, долж | • | - · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |
| Исходные данные для ВКР: | | | |
| условия, интенсивность дви | ижения, ежегодны | ій прирост ин | тенсивности, состав |
| транспортного потока | | | |
| Перечень разделов ВКР: <u>Анпродольный профиль, попечасть.</u> | | _ | _ |
| Перечень графического ма 3 - Поперечный профиль, 4 насыпи | _ | _ | |
| Консультанты по разделам: | | | |
| Руководитель ВКР | (подпись) | Т.В. Гаври (инициалы и фамі | |
| Задание принял к исполнен | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | (, with | • , |
| | (подпись) | (инициалы и фамил | ия студента) |
| | | // \ | 20 - |

СОДЕРЖАНИЕ

| СОДЕРЖАНИЕ | 4 |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 Исходные данные | |
| 1 Климатическая, географическая и инженерно-геологическая характеристирайона строительства | |
| 1.1 Климатическая характеристика района | 8 |
| 1.2 Физико-географические условия района строительства | 12 |
| 1.2.1 Рельеф, геоморфология | 12 |
| 1.2.2 Растительность, почвы | 12 |
| 1.2.3 Гидрография и гидрологические условия | 12 |
| 1.3 Инженерно-геологические условия района проектирования | 13 |
| 3 Обоснование технических нормативов дороги | 14 |
| 3.1 Определение категории дороги | 14 |
| 3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги | 17 |
| 4 Проектирование вариантов трассы | 19 |
| 4.1 Описание воздушной линии | 19 |
| 4.2 Описание первого варианта трассы | 19 |
| 4.3 Описание второго варианта трассы | 19 |
| 4.4 Сравнение вариантов трассы | 20 |
| 5 Продольный профиль | |
| 5.1 Определение отметок земли | |
| 5.2 Назначение руководящих отметок из условия снегозаносимости | |
| 5.3 Назначение руководящей отметки из условия сезонного оттаивания | 23 |
| 5.4 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля | 27 |
| 5.5 Описание проектной линии | |
| 5.6 Поперечные профили | |
| 6 Дорожные одежды | |
| 6.1 Выбор типа и конструкции дорожной одежды | |
| 6.2 Алгоритм расчета дорожной одежды | |

| 6.3 Исходные данные и расчетная нагрузка | 39 |
|--|----|
| 6.4 Расчет первого варианта дорожной одежды | 40 |
| 6.5 Расчет второго варианта дорожной одежды | 48 |
| 6.6 Сравнение вариантов дорожной одежды | 55 |
| 7 Решение вопросов водоотвода | 56 |
| 7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов | 56 |
| 7.2 Назначение водопропускных сооружений | 56 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 57 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 58 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 60 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б | 61 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | 65 |

введение

В данной выпускной работе требуется запроектировать участок автомобильной дороги IV категории длиной 5 километров в Нижнеилимском районе Иркутской области с учетом глубины промерзания насыпи.

1 Исходные данные

Район проектирования — Нижнеилимский район Иркутской области; Грунтово-геологические условия — супесь легкая, суглинок легкий; Исходная интенсивность движения — 592 авт./сут.; Ежегодный прирост интенсивности — 4,7%;

Состав транспортного потока:

легковые автомобили -59%; грузовые автомобили с нагрузкой на ось до 2 т -13%; грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 2 т до 6 т -7%; грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 6 т до 8 т -11%; грузовые автомобили с нагрузкой на ось от 8 т до 14 т -5%; автопоезда до 12 т -2% автопоезда от 12 до 20 т -2% автобусы большой вместимости -1%.

1 Климатическая, географическая и инженерно-геологическая характеристика района строительства

1.1 Климатическая характеристика района

Климат рассматриваемой территории резко континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким относительно жарким летом. В любой сезон года возможны резкие изменения погоды, переход от тепла к холоду, значительные колебания температуры воздуха от месяца к месяцу, от суток к суткам и в течение суток.

Температурный режим района изысканий обусловлен характером атмосферной циркуляции. Существенное влияние на температурный режим оказывает континентальность климата, которая проявляется в резко выраженном различии зимних и летних значений температур воздуха, а также контрастных суточных температурах воздуха [6]. Амплитуда экстремальных значений составляет 97 °C. Период температуры воздуха c отрицательными среднемесячными температурами воздуха продолжается с октября по апрель. В отдельные годы в зависимости от погодных условий возможны значительные отклонения многолетнего среднего значения не только otсреди среднемесячных, но и средних годовых температур воздуха.

Таблица 1.1 – Основные климатические характеристики района изысканий

| Климатическая характеристика | Значение параметра |
|---|-----------------------|
| Дорожно-климатическая зона согласно СП 34.13330.2012 | I |
| Климатический район согласно СП 131.13330.2012 | IB |
| Абсолютный максимум температуры воздуха | + 38 °C |
| Абсолютный минимум температуры воздуха | − 59 °C |
| Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 | – 48 °C |
| Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 | −45 °C |
| Среднегодовое количество осадков | 445 мм |
| Среднее число дней с твёрдыми осадками за год | 71 |

Окончание таблицы 1.1

| Средняя дата образования устойчивого снежного покрова | 02.11 |
|---|--------|
| Средняя дата схода снежного покрова | 30.04 |
| Наибольшая декадная высота снежного покрова (защищенное от ветра место) | 58 см |
| Наибольшая декадная высота снежного покрова обеспеченностью P = 5 % | 54 см |
| Преобладающее направление ветра: | |
| за декабрь – февраль | В |
| за июнь – август | В |
| Минимальная скорость ветра за июль | - |
| Максимальная скорость ветра за январь | - |
| Среднее количество дней с туманом за год | 84 |
| Среднее количество дней с метелью | 10 |
| Нормативная глубина промерзания для: | |
| суглинков и глин | 202 см |
| супесей и песков | 246 см |
| песков гравелистых и средней крупности | 263 см |
| крупнообломочных грунтов | 298 см |

Январь – самый холодный месяц (его среднемесячная температура воздуха минус 20,6 °C). Абсолютный минимум также наблюдался в январе – минус 59 °C. По суровости температурного режима декабрь и февраль лишь незначительно уступают январю. В зимний период на рассматриваемой территории возможны кратковременные повышения температур воздуха до плюс 9 °C. Однако, оттепели явление редкое.

Таблица 1.2 – Среднемесячная температура воздуха

| Месяц | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|----------------------------------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|------|-----|------|-------|-------|
| Средняя температу ра воздуха, °C | -25,4 | -22,0 | -12,6 | -1,6 | 6,3 | 14,2 | 17,6 | 14,2 | 6,6 | -2,0 | -14,8 | -23,8 |

Таблица 1.3 – Повторяемость и скорость ветра за январь

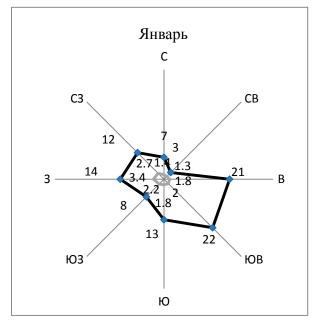
| Направление | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | 3 | СЗ |
|------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Повторяемость, % | 7 | 3 | 21 | 22 | 13 | 8 | 14 | 12 |

Окончание таблицы 1.3

| Скорость, м/с | 1,4 | 1,3 | 1,8 | 2 | 1,8 | 2,2 | 3,4 | 2,7 |
|---------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
|---------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|

Таблица 1.4 – Повторяемость и скорость ветра за июль

| Направление | C | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | 3 | C3 |
|------------------|-----|----|---|-----|-----|----|-----|-----|
| Повторяемость, % | 14 | 13 | 9 | 6 | 6 | 14 | 16 | 22 |
| Скорость, м/с | 1,9 | 2 | 2 | 1,7 | 1,8 | 2 | 2,8 | 2,5 |



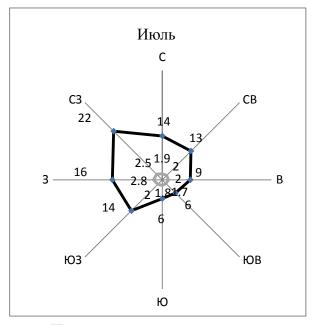


Рисунок 1.1 – Розы ветров за январь и июль; Повторяемость – черным цветом, скорость – серым цветом

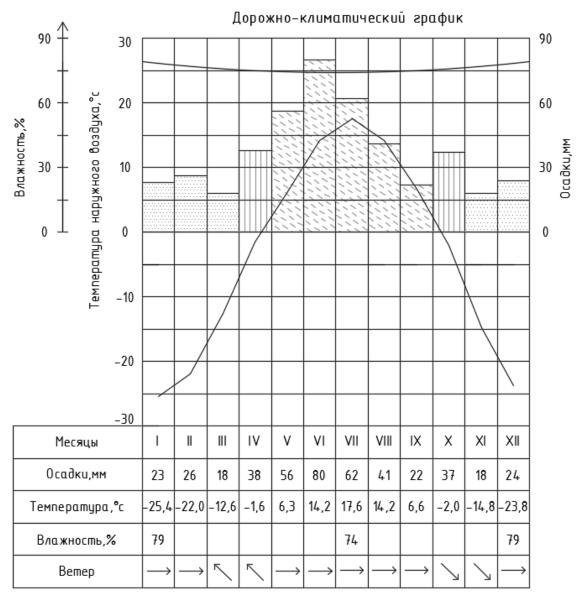
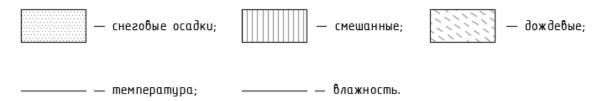


Рисунок 1.2 – Дорожно-климатический график



1.2 Физико-географические условия района строительства

1.2.1 Рельеф, геоморфология

Район проектирования расположен в северной оконечности Лено-Ангарского плато, на высоте 430 м над уровнем моря, в 16 км от правого притока Ангары — реки Илим (отсюда название — Илимский).

Окружен холмистой, покрытой лесом местностью. Абсолютная высота окрестных возвышенностей достигает 610 м над уровнем моря. Перепад высот в пределах города - около 100 м. Одна из гор преграждает въезд в Железногорск-Илимский по железной дороге из Братска, сквозь нее проложен тоннель протяженностью 950 м [8].

1.2.2 Растительность, почвы

В районе проектирования наблюдается чередование сосновых и лиственничных травяных и бруснично-травяных, а также березовых травяных и мохово-травяных с примесью осины лесов с обособленными участками настоящих (типичных) и луговых степей.

Согласно геоботаническому районированию данная территория входит в округ с серыми лесными, дерново-подзолистыми, лугово-черноземными сезонно-мерзлотными почвами, а также выщелоченными черноземами.

1.2.3 Гидрография и гидрологические условия

Проектируемая дорога находится в 16 км к востоку от реки Илим.

Питание реки смешанное снегодождевое — кроме весеннего паводка, имеют место дождевые летние паводки. Среднегодовой расход воды — 100 м³/с. Половодье в апреле — июне (39 % годового стока), летне-осенние паводки.

Ледостав с октября по май, ледоход осенью около 22 дней, весной — 7 (заторы) [9].

Грунтовые воды расположены на глубине 10-15 м.

1.3 Инженерно-геологические условия района проектирования

В геологическом строении проектируемого участка автодороги принимают участие осадочные образования юрской системы, залегающие на кристаллическом фундаменте и отложения четвертичного возраста.

Наиболее неблагоприятными экзогенными процессами в пределах изученной территории связаны с наличием в районе проектирования сезонного оттаивания/промерзания грунтов и морозного пучения и процессами заболачивания.

Глубокое сезонное промерзание обусловлено многими факторами, такими как литологические особенности грунтов, мощность снежного покрова, степень залесенности и многие другие.

Средняя глубина сезонного промерзания принимается 2,8 м.

3 Обоснование технических нормативов дороги

3.1 Определение категории дороги

Категорию дороги устанавливаем по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Она зависит от расчетной интенсивности движения, которая измеряется в приведённых к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед./сут). Приведение осуществляется с помощью специальных коэффициентов, которые представлены в таблице 3.2 [10].

Таблица 3.1 – Исходная интенсивность движения

| Тип транспортного средства | Грузоподъемность, т | % |
|-------------------------------------|---------------------|----|
| Легковые автомобили | | 59 |
| Грузовые автомобили | до 2 включительно | 13 |
| | от 2 до 6 | 7 |
| | от 6 до 8 | 11 |
| | от 18 до 14 | 5 |
| Автопоезда | до 12 | 2 |
| | от 12 до 20 | 2 |
| Автобусы большой вместительности | | 1 |
| Сумма, | 592 | |

Таблица 3.2 – Коэффициенты приведения интенсивности

| Типы транспортных средств | Коэффициент приведения |
|--|------------------------|
| Легковые автомобили | 1,0 |
| Грузовые автомобили грузоподъемностью, т.: | |
| до 2 включительно | 1,3 |

Окончание таблицы 3.2

| от 2 до 6 | 1,4 |
|----------------------------------|-----|
| от 6 до 8 | 1,6 |
| от 8 до 14 | 1,8 |
| Автопоезда грузоподъемностью, т: | |
| до 12 включительно | 1,8 |
| от 12 до 20 | 2,2 |
| Автобусы большой вместимости | 3 |

Расчетную интенсивность движения принимают суммарно в обоих направлениях на основе данных экономических изысканий. За расчетную принимают среднегодовую суточную приведенную к легковому автомобилю интенсивность движения за последний год перспективного периода. Перспективный период принимают равным 20 годам [10].

В районах, где развитие экономики идет опережающими дорожное строительство темпами, расчет перспективной интенсивности движения проводится по степенной зависимости [10]

$$N = N_{\text{пр. исх}} (1 + \frac{p}{100})^t, \tag{3.1}$$

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

p – процент ежегодного прироста интенсивности, %;

t — перспективный период (20 лет).

Сначала определяют исходную интенсивность каждого типа автомобиля по формуле

$$N_i = N_{\text{HCX}} \frac{P}{100},\tag{3.2}$$

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

P – процент автомобилей каждого типа.

Далее вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведенных автомобилях по формуле

$$N_{\text{прив}} = N_i \cdot k, \tag{3.3}$$

Где N_i — берется из формулы 3.2;

k — коэффициент приведения для i-го транспортного средства.

Рассчитываем N_i с использованием таблицы 3.1.

$$N_1 = 592 \frac{59}{100} = 349 \text{ abt./cyt.,}$$
 $N_2 = 592 \frac{13}{100} = 77 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_3 = 592 \frac{7}{100} = 41 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_4 = 592 \frac{11}{100} = 65 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_5 = 592 \frac{5}{100} = 30 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_6 = 592 \frac{2}{100} = 12 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_7 = 592 \frac{2}{100} = 12 \text{ abt./cyt.,}$
 $N_8 = 592 \frac{1}{100} = 6 \text{ abt./cyt.,}$

Рассчитываем $N_{\text{прив}}$ с использованием таблицы 3.2.

$$N_{\text{л прив}} = 349 \cdot 1 = 349$$
 прив.ед./сут., $N_{2\text{т прив}} = 77 \cdot 1,3 = 100$ прив.ед./сут., $N_{2\text{-}6\text{т прив}} = 41 \cdot 1,4 = 58$ прив.ед./сут.,

$$N_{6-8\mathrm{T}\;\mathrm{прив}}=65\cdot 1,6=104\;\mathrm{прив.ед./сут.},$$
 $N_{8-14\mathrm{T}\;\mathrm{прив}}=30\cdot 1,8=54\;\mathrm{прив.ед./сут.},$
 $N_{12\mathrm{T}\;\mathrm{прив}}=12\cdot 1,8=21\;\mathrm{прив.ед./сут.},$
 $N_{12-20\mathrm{T}\;\mathrm{прив}}=12\cdot 2,2=26\;\mathrm{прив.ед./сут.},$
 $N_{\mathrm{abt}\;\mathrm{прив}}=6\cdot 3=18\;\mathrm{прив.ед./сут.},$
 $\sum N_{\mathrm{abt}\;\mathrm{прив}}=349+100+58+104+54+21+26+18=$
 $=730\;\mathrm{прив.ед./сут.}$

Рассчитываем *N* использую данные формулы 3.2 и 3.3.

$$N = 730 \cdot (1 + \frac{4,7}{100})^{20} = 1829$$
 прив.ед./сут.

По перспективной интенсивности движения принимаем дорогу IV категории.

3.2 Основные технические показатели автомобильной дороги

Таблица 3.2 – Основные технические показатели автомобильной дороги

| Наименование показателя | Единица | Величина | Источник | |
|-------------------------------|---------------|------------|-----------------|--|
| Training ito Nasar with | измерения | показателя | TIOTO IIIIN | |
| 1 Категория дороги | - | IV | СП34.13330.2012 | |
| 2 Интенсивность движения | прив. ед./сут | 1829 | СП34.13330.2012 | |
| 3 Расчетная скорость движения | км/ч | 80 | СП34.13330.2012 | |
| 4 Число полос движения | ШТ | 2 | СП34.13330.2012 | |
| 5 Ширина полосы движения | M | 3 | СП34.13330.2012 | |
| 6 Ширина проезжей части | M | 6 | СП34.13330.2012 | |
| 7 Ширина обочин | M | 2 | СП34.13330.2012 | |

Окончание таблицы 3.2

| 8 Ширина краевой полосы | M | 0,5 | СП34.13330.2012 |
|---|------------|------|-----------------|
| 9 Ширина укрепленной части обочины | M | 1,5 | СП34.13330.2012 |
| 10 Ширина земляного полотна | M | 10 | СП34.13330.2012 |
| 11 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы при асфальтобетонном покрытии | ‰ | 15 | СП34.13330.2012 |
| 12 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы | ‰ | 30 | СП34.13330.2012 |
| 13 Наименьшие радиусы кривых в плане | M | 300 | СП34.13330.2012 |
| 14 Наибольший продольный уклон | % o | 60 | СП34.13330.2012 |
| 15 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле | М | 5000 | СП34.13330.2012 |
| 16 Наименьшие радиусы вогнутых кривых | М | 2000 | СП34.13330.2012 |
| 17 Расчетные расстояния видимости в продольном профиле: | М | | СП34.13330.2012 |
| для остановки | | 150 | |
| для встречного автомобиля | | 250 | |
| при обгоне | | 600 | |

4 Проектирование вариантов трассы

4.1 Описание воздушной линии

Воздушная линия имеет длину 5000 м. Направление проложения югозападное. Проходит по лесу. Проложение трассы по воздушной линии нецелесообразно, так как она имеет крутые продольные и поперечные уклоны.

4.2 Описание первого варианта трассы

Трасса проложена в юго-западном направлении. Длина трассы 5220 м. Трасса проложена методом тангенсов. Она имеет два угла поворота влево 16° и вправо 56°, радиусы круговых кривых приняты 2000 м. Углы выбраны с целью обеспечения оптимальных продольных и поперечных уклонов. Проходит по лесу с ПК 0+00 до ПК 16+42 и с ПК 17+43 до ПК 52+20. На ПК 36+20 пересечение с временным водотоком. Ведомость углов поворота, прямых и кривых в приложении А.

4.3 Описание второго варианта трассы

Трасса проложена в юго-западном направлении. Длина трассы 5140 м. Трасса проложена методом тангенсов, она имеет один угол поворота влево 30°, радиус круговой кривой принят 2000 м. Угол выбран с целью обхода косогорной местности. Проходит по лесу с ПК 0+00 до ПК 12+14 и с ПК 14+54 до ПК 51+40. На ПК 42+00 пересечение с временным водотоком. Ведомость углов поворота, прямых и кривых в приложении А.

4.4 Сравнение вариантов трассы

Все показатели трасс сводим в таблицу 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Сравнение вариантов трасс

| | Ед. | I-й | II-й | Преиму | щество | |
|---------------------------------------|-------------|----------|----------------|---------|---------|--|
| Показатели | Ед. ИЗМ. | | п-и вариант | I-й | II-й | |
| | изм. | вариант | вариант | вариант | вариант | |
| 1 Длина трассы | M | 5220 | 5140 | - | + | |
| 2 Коэффициент удлинения трассы | - | 1,044 | 1,028 | - | + | |
| 3 Средняя величина угла поворота | рад/м | 2000 | 2000 | = | = | |
| 4 Средняя величина закругления | м/рад | 0,000241 | 0,000102 | - | + | |
| 5 Суммарная протяженность | | | | | | |
| пересекаемых трассой участков: | | | | | | |
| лесов | M | 5120 | 4900 | - | + | |
| болот | M | - | 1 | = | = | |
| сельхозугодий | M | - | - | = | = | |
| населенных пунктов | M | - | - | = | = | |
| 6 Протяженность участков | | 2620 | 1400 | | | |
| местности с уклоном по трассе до 30 % | M | 3620 | 1400 | + | - | |
| 7 Протяженность участков | | | | | | |
| местности с уклоном по трассе, | М | 100 | 400 | | | |
| превышающим максимально | | | | + | - | |
| допустимое значение уклона | | | | | | |
| проектной линии ідоп =60‰ | | | | | | |
| 8 Протяженность участков по | M | _ | 200 | + | _ | |
| косогору с уклоном более 90‰ | IVI | | 200 | 1 | | |
| 9 Число искусственных | | | | | | |
| сооружений на водотоках | | | | | | |
| мостов | ШТ | - | - | = | = | |
| труб | ШТ | 1 | 1 | = | = | |
| 10 Число пересечений с | TTY TO | | | | _ | |
| автомобильными дорогами | ШТ | _ | - | | | |
| 11Число пересечений с | ШТ | | _ | = | _ | |
| железными дорогами | ші | _ | - | _ | = | |

По итогам сравнения трасс я выбираю 1 вариант, так как он имеет пологий уклон, меньшую протяженность участков, превышающих максимально допустимое значение уклона проектной линии, и не имеет косогоров. Ведомость углов поворотов, прямых и кривых в приложении В.

5 Продольный профиль

5.1 Определение отметок земли

Для построения продольного профиля требуется определить отметки земли. Определение проводится при помощи инструментов программы Google Earth. Отметки земли по оси трассы приведены в приложении Б.

5.2 Назначение руководящих отметок из условия снегозаносимости

Руководящая отметка определяет обеспечение устойчивости земляного полотна, которая достигается проектированием необходимого возвышения бровки над поверхностью земли или над расчётным уровнем воды, при длительном её стоянии в местах с необеспеченным стоком. Руководящую отметку насыпи устанавливают исходя из почвенно-грунтовых и гидрологических условий [12].

Главными факторами, влияющими на величину руководящей отметки, являются: тип местности по характеру и степени увлажнения поверхностными и грунтовыми водами, дорожно-климатическая зона, толщина снежного покрова, тип грунта, толщина дорожной одежды, категория дороги [12].

В зависимости от типа местности по увлажнению участки трассы делят на три группы:

- 1) сухие места, характеризуемые хорошо обеспеченным продольным или поперечным водоотводом;
- 2) сырые места, характеризуемые плоским рельефом с малыми продольными уклонами, не обеспечивающими быстрого стока поверхностных вод;
- 3) мокрые места, характеризуемые высоким стоянием уровня грунтовых вод.

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегонезаносимости дороги.

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

$$h_p = h_{\rm ch} + \Delta h,\tag{5.2.1}$$

где $h_{\rm ch}$ – расчетная толщина снежного покрова 5%-ой обеспеченности;

Δh – возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова.

Расчет h_p выполняют с использованием таблицы 1.1 и свода правил [11, с. 52] для определения значений $h_{\rm ch}$ и Δh .

$$h_p = 0.54 + 0.5 = 1.04 \text{ M}.$$

5.3 Назначение руководящей отметки из условия сезонного оттаивания

Так как проектируемая дорога находится в I_3 дорожно-климатической зоне, то предусматриваем предварительное оттаивание и осущение грунтов основания на участках с вечной мерзлотой.

Для этого проведем расчет насыпи на устойчивость. Устойчивость насыпи обеспечивается ее высотой, при которой верхний горизонт вечномерзлых грунтов(ВГВМ) будет сохраняться в критический по балансу тепла год не более раза в 11 лет) на требуемой (допустимой) глубине и осадка насыпи при этом в оттаявшие грунты основания не будет превосходить допустимой величины. [13]

Высоту насыпи рассчитывают по формуле:

$$H = H_K - S_{\text{don}} \left(\frac{H_K}{H_T \cdot e} + 1 \right) + S_1, \tag{5.1}$$

где H_K — глубина сезонного оттаивания конструкции, включающей земляное полотно и дорожную одежду, м;

 $S_{\text{доп}}$ – допустимая осадка, м;

 H_T – глубина предварительного оттаивания грунтов основания до возведения земляного полотна, м;

- e относительная осадка грунта основания после его оттаивания под нагрузкой доли единицы;
- S_1 осадка грунтов основания после предварительного оттаивания под действием собственного веса, м.

Для начала определяют глубину сезонного оттаивания каждого слоя по формулам:

1) Для верхнего слоя

$$H_{C1} = H_{C1}^H K_W K_{\Pi}, (5.2)$$

2) Для основания

$$H_{C2} = H_{C2}^H K_W, (5.3)$$

3) Для земляного полотна

$$H_{C3} = H_{C3}^H K_W,$$
 (5.4)

где H_{C1}^H , H_{C2}^H , H_{C3}^H – нормативная глубина сезонного оттаивания первого, второго и третьего слоев, м;

 K_W — поправочный коэффициент на расчетную влажность материала дорожной, одежды и грунта насыпи;

 K_{Π} — коэффициент, учитывающий интенсивность оттаивания материала дорожной одежды.

Затем определяют глубину сезонного оттаивания конструкции насыпи методом эквивалентных слоёв по формуле

$$H_K = H_{C3} + h_1 \left(1 - \frac{H_{C3}}{H_{C1}} \right) + h_2 \left(1 - \frac{H_{C3}}{H_{C2}} \right), \tag{5.5}$$

где H_{C1} , H_{C2} , H_{C3} – то же, что в формулах (5.2, 5.3, 5.4);

 h_1, h_2 – толщина верхнего и второго слоев, м.

Осадку грунтов основания после предварительного оттаивания под действием собственного веса определяют по формуле

$$S_1 = A_0 H_T + a_0 \frac{\gamma_T H_T^2}{2},\tag{5.6}$$

где A_0 – коэффициент оттаивания грунтов;

 a_0 – коэффициент уплотнения грунтов основания, см²/кгс;

 γ_T – плотность талого грунта, кг/см³;

 H_T – то же, что и в формуле (5.1).

Выполняем расчет H_{C1} , H_{C2} , H_{C3} с использованием таблиц и рисунков [13, прил. 1] для определения H_{C1}^H , H_{C2}^H , H_{C3}^H , K_W , K_{Π} .

$$H_{C1} = 3.2 \cdot 1.1 \cdot 1.3 = 4.576 \text{ M},$$

$$H_{C2} = 3.2 \cdot 1.0 = 3.2 \text{ M},$$

$$H_{C3} = 3,2 \cdot 0,90 = 2,88$$
 м.

Определяем глубину предварительного оттаивания грунта основания до возведения земляного полотна с использованием [13, прил. 1] для определения H^H , K_W .

$$H_T = 3.2 \cdot 0.90 = 2.88 \text{ M}.$$

Определяем глубину сезонного оттаивания конструкции Н.

$$H_K = 2,88 + 0,12\left(1 - \frac{2,88}{4,576}\right) + 0,5\left(1 - \frac{2,88}{3,2}\right) = 2,97 \text{ M}.$$

Производим расчет высоты насыпи для супеси легкой.

Рассчитываем S_1 с использованием таблиц и рисунков [13, прил. 1] для определения A_0 , a_0 , γ_T .

$$S_1 = 0.04 \cdot 2.88 + 0.007 \frac{2.69 \cdot 2.88^2}{2} = 0.42 \text{ m},$$

Рассчитываем высоту насыпи H с использованием рисунков [13, прил. 1] для определения e.

$$H = 2.97 - 0.06 \left(\frac{2.97}{2.88 \cdot 0.05} + 1 \right) + 0.42 = 2.08 \text{ m}.$$

Для 1 типа местности назначаем высоту насыпи H = 1,04 м, т.к. на сухих участках земляное полотно проектируем по нормам II дорожно-климатической зоны. Для 2 типа местности предусматривается упрочнение грунтов основания за счет их предпостроечной осадки и осушении при заблаговременном оттаивании, поэтому для 2 типа местности рассчитываем высоту насыпи по

устойчивости при оттаивании и осушении грунтов основания [13]. Высота насыпи для 2 типа местности H = 2,08 м.

5.4 Назначение контрольных точек для проектной линии продольного профиля

Далее определим контрольные точки проектной линии. К ним относятся начало и конец трассы; минимальные отметки насыпи над трубами; отметки осей проезжих частей существующих автомобильных дорог на пересечениях в одном уровне с проектируемой дорогой.

Контрольную точку над трубой определяем по формуле

$$H = d + \Delta + \delta + h_{\pi 0},\tag{5.7}$$

где d – диаметр трубы, м;

 Δ – толщина засыпки над трубой, м;

 δ – толщина стенки трубы, м;

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

Выполняем расчет Н

$$H = 2 + 0.5 + 0.16 + 0.62 = 3.28 \text{ M}.$$

Заполняем ведомость контрольных точек.

Таблица 5.4.1 – Ведомость контрольных точек

| Наименование точки | ПК | + | Отметка, м |
|-----------------------|----|----|------------|
| Начало трассы | 0 | 00 | 602,04 |
| Труба | 46 | 30 | 537,52 |
| Конец трассы | 52 | 20 | 579,96 |

5.5 Описание проектной линии

Проектная линия построена методом тангенсов по обертывающей. Продольные уклоны не превышают максимально допустимых для данной категории 60%. На всем протяжении видимость обеспечена. Радиусы выпуклых кривых составляют:

6) R = 28000 м
$$\Pi \text{K } 14 + 47 - \Pi \text{K } 17 + 55$$

7) R = 2000 м
$$\Pi \text{K } 35 + 90 - \Pi \text{K } 37 + 46$$

9)
$$R = 12500 \text{ m}$$

 $\Pi \text{K } 41+50 - \Pi \text{K } 44+50$
10) $R = 5000 \text{ m}$
 $\Pi \text{K } 45+40 - \Pi \text{K } 46+60$

5.6 Поперечные профили

Для отвода воды с проезжей части принимаем уклон 15‰, уклон обочин 40‰. На проектируемой дороге 2 вида поперечных профилей:

- 1) Тип 1 насыпь высотой до 2 метров с кюветами, заложение откосов 1:3.
- 2) Тип 2 насыпь высотой до 6 метров с кюветами для дренажа, заложение откосов 1:1,5.

6 Дорожные одежды

6.1 Выбор типа и конструкции дорожной одежды

Для данной автомобильной дороги проектируем дорожную одежу исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги, с учетом интенсивности движения и состава автотранспортных средств и требований, предъявляемых к дорожной одежде в отношении прочности, долговечности, морозоустойчивости.

Выбираем нежесткую дорожную одежду облегченного типа с усовершенствованным покрытием.

Таблица 6.1 – Вариант дорожной одежды №1

| | Высота | Расчет по Расчет по условию | Расчет на растяжение при изгибе | | | | | |
|----|---|-----------------------------|---------------------------------|---|--------|-------------------------|-----|-----|
| No | Наименование слоя | слоя h, | упругому | ому сдвигоустойчивости бу Е. МПа | Е, МПа | R ₀ , МПа | a | m |
| 1 | Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130 | 5 | 2400 | 1200 | 3600 | 9,5 | 5,4 | 5,0 |
| 2 | Асфальтобетон пористый марки II на БНД 90/130 | 7 | 1400 | 800 | 2200 | 7,8 | 6,3 | 4 |
| 3 | Черный щебень | 15 | 600 | 600 | - | - | - | - |
| 4 | Супесь обработанная вяжущим | 30 | 280 | 280 | - | - | - | - |
| 5 | Супесь легкая W=0,6W _t | - | 56 | 56 | - | - | - | - |

Таблица 6.2 – Вариант дорожной одежды №2

| | | Высота | Расчет по | Расчет на растяжение при изгибе | | | | |
|---|---|---------|-------------------------------|--|-----------|-------------------------|-----|-----|
| № | Наименование слоя | слоя h, | упругому прогибу Е, МПа | Расчет по условию сдвигоустойчивости Е, МПа | Е, МПа | R ₀ , МПа | a | m |
| 1 | Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130 | 5 | 2400 | 1200 | 3600 | 9,3 | 5,8 | 4,5 |
| 2 | Асфальтобетон пористый марки II на БНД 90/130 | 7 | 1400 | 800 | 2200 | 7,8 | 6,3 | 4 |
| 3 | Фракционированный щебень методом заклинки | 20 | 450 | 450 | - | - | - | - |
| 4 | ЩПС С6 | 30 | 240 | 240 | - | - | - | - |
| 5 | Супесь легкая W=0,6W _t | - | 56 | 56 | - | - | - | - |

6.2 Алгоритм расчета дорожной одежды

Расчет проводим в следующей последовательности:

1) Вычисляем суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы.

Для этого определяем величину приведенной интенсивности на последний год срока службы по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^{n} N_m S_{\text{тсум}},$$
 (6.1)

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним;

n — общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

 N_m — число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств тимарки;

 $S_{\text{тсум}}$ — суммарный коэффициент приведения на дорожную одежду транспортного средства m-й марки к расчетной нагрузке.

Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы рассчитывается по формуле

$$\sum N_p = 0.7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\rm CR} - 1)}} T_{\rm p, T} k_n, \tag{6.2}$$

где N_p — величина приведенной интенсивности на последний год срока из формулы (6.1);

 $K_{\rm c}$ – коэффициент суммирования;

q — показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам;

 $T_{\rm pдr}$ — расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

 $T_{cл}$ – расчетный срок службы;

 k_n — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого.

Коэффициент суммирования определяем по формуле

$$K_{\rm c} = \frac{q^{T_{\rm CII}} - 1}{q - 1},$$
 (6.3)

где T_{cn} – то же, что в формуле (6.2);

q – то же, что в формуле (6.2).

2) Определяем минимальный требуемый общий модуль упругости по формуле

$$E_{min} = 98,65 \left(\left(lg \sum N_p \right) - C \right), \tag{6.4}$$

где $\sum N_p$ — Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы из формулы (6.2);

C – эмпирический параметр, принимаемый в зависимости от нагрузки на ось.

- 3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу ведется в такой последовательности:
 - а) Назначаем модули и предварительно толщины слоев конструкции.
- б) Определяем требуемые модули на поверхности каждого конструктивного слоя по номограмме, выполняя расчет снизу вверх.
- в) Определяем коэффициент прочности по упругому прогибу и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом.

Коэффициент прочности определяем по формуле

$$K_{\rm np} = \frac{E_{\rm o \delta m}}{E_{\rm rp}},\tag{6.5}$$

где $E_{\text{общ}}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции;

 $E_{\text{тр}}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции из формулы (6.4).

- 4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев:
 - а) Вычисляем модуль упругости верхнего слоя по формуле

$$E_{\rm B} = \frac{(\sum_{i=1}^{n} E_i h_i)}{(\sum_{i=1}^{n} h_i)},\tag{6.6}$$

где n — число слоев;

 E_i – модуль упругости i-го слоя;

 h_i – толщина i-го слоя.

б) Вычисляем действующие активные напряжения сдвига по формуле

$$T = \tau_{\rm H} p, \tag{6.7}$$

где $\tau_{\rm H}$ – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки;

p — расчетное давление от колеса на покрытие.

в) Определяем предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя по формуле

$$T_{\rm np} = c_N k_{\rm g} + 0.1 g_{\rm cp} z_{\rm on} t g j_{\rm cr},$$
 (6.8)

где c_N – сцепление в грунте земляного полотна;

- $k_{\rm д}$ коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания;
- $z_{\rm on}$ глубина расположения поверхностного слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции;
- $g_{\rm cp}$ средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя;
- $j_{\rm cr}$ расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого при статическом действии нагрузки.
- г) Определяем коэффициент прочности и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом. Коэффициент прочности определяется по формуле

$$K_{\rm np} = \frac{T_{\rm np}}{T},\tag{6.9}$$

где $T_{\text{пр}}$ – предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя по формуле (6.7);

T — действующие активные напряжения сдвига.

- 5) Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе. Расчет выполняем в следующем порядке:
- а) Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев.

Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме, а модуль упругости верхнего слоя определяем по формуле (6.5).

б) Определяем расчетное растягивающее напряжение по формуле

$$\sigma_r = \sigma p k_{\rm B},\tag{6.10}$$

где σ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки;

 $k_{\rm B}$ — коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;

p – то же, что в формуле (6.6).

в) Вычисляем предельное растягивающее напряжение по формуле

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_R t), (6.11)$$

где R_0 — нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки;

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

 k_2 — коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов;

 V_R – коэффициент вариации прочности на растяжение;

t — коэффициент нормативного отклонения.

Коэффициент k_1 определяем по формуле

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}},\tag{6.12}$$

где α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой;

 $\sum N_p$ – то же, что в формуле (6.4);

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

г) Определяем коэффициент прочности и сравниваем его с требуемым минимальным коэффициентом. Коэффициент прочности определяется по формуле

$$K_{\rm np} = \frac{R_N}{\sigma_r},\tag{6.13}$$

где R_N – предельное растягивающее напряжение по формуле (6.10);

 σ_r – расчетное растягивающее напряжение по формуле (6.9).

6) Проверка конструкции на морозоустойчивость. Эта проверка выполняется для определения величины морозного пучения.

Величину морозного пучения определяем по формуле

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч cp}} K_{\text{УГВ}} K_{\text{пл}} K_{\text{гр}} K_{\text{нагр}} K_{\text{гл}}, \tag{6.14}$$

где $l_{\text{пуч ср}}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях;

 $K_{\rm УГВ}$ – коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод;

 $K_{\rm nn}$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя;

 $K_{\rm rp}$ — коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки;

 $K_{\text{нагр}}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое;

 $K_{\text{гл}}$ – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта.

Величина морозного пучения при осредненных условиях определяем по фомруле

$$l_{\text{пуч cp}} = l_{\text{пуч cp }2,0} \left(a + b \left(z_{\text{пp}} - c \right) \right),$$
 (6.15)

где $l_{\text{пуч ср 2,0}}$ – величина морозного пучения при $z_{\text{пр}}$ = 2 м.;

 $z_{\rm np}$ – глубина промерзания дорожной конструкции;

a, b, c – коэффициенты.

Глубину промерзания дорожной конструкции находим в следующем порядке:

1) Определяем термическое сопротивление дорожной одежды по формуле

$$R_{\rm o, I} = \sum \frac{h_{\rm o, I}}{\lambda_{\rm o, I}} + \frac{1}{\alpha},\tag{6.16}$$

где $h_{\text{од}}$ – толщина слоя дорожной одежды;

 $\lambda_{\text{од}}$ – коэффициент теплопроводности слоя дорожной одежды;

 α – коэффициент теплообмена на поверхности дорожной одежды.

Коэффициент теплообмена находим по формуле

$$\alpha = 12\sqrt{V},\tag{6.17}$$

где V – среднемесячное значение скорости ветра.

2) Определяем количество незамерзшей воды по формуле

$$i_{\rm 3M} = \frac{(W_0 - W_{\rm H3})}{1000} \cdot \rho_{\rm cK},$$
 (6.18)

где W_0 – влажность грунта перед его промерзанием;

 $W_{\rm {\scriptscriptstyle H3}}$ – содержание незамерзшей воды;

 ρ_{ck} — плотность скелета грунта.

Содержание незамерзшей воды определяем по формуле

$$W_{\rm H3} = K_{\rm H3} W_p, \tag{6.19}$$

где $K_{\rm H3}$ — коэффициент, зависящий от типа грунта, числа пластичности и температуры мерзлого грунта;

 W_p – влажность грунта на границе раскатывания.

3) Определяем минимальную температуру грунта под дорожной одеждой по формуле

$$\theta_{\min(0)} = a_{\text{темп}} \left(\theta_{\min(0)} / a_{\text{темп}} \right), \tag{6.20}$$

где $a_{\text{темп}}$ – средняя отрицательная температура;

 $(\theta_{min(o)}/a_{\text{темп}})$ – отношение, необходимое для определения минимальной температуры.

4) Определяем глубину промерзания дорожной конструкции по формуле

$$z_{\text{np}} = 0.86 \cdot a_{\text{np}} \cdot c \cdot \left[A'_{\text{np}} \cdot B'_{\text{np}} + 2.8 \cdot \left(1 - \frac{a_{\text{пон}}}{a_{3\text{an}}} \right) \cdot \left(A''_{\text{np}} \cdot B''_{\text{np}} - A'_{\text{np}} \cdot B'_{\text{np}} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{rp(M)}} + h_{\text{дo}},$$
(6.21)

где $a_{\rm np}$ – климатический параметр, характеризующий условия промерзания грунта;

c – параметр, входящий в расчет глубины промерзания;

 $A'_{\text{пр}}$, $B'_{\text{пр}}$, $A''_{\text{пр}}$, $B''_{\text{пр}}$ – параметры, входящие в расчет глубины промерзания;

 $a_{\text{пон}}$ – период понижения температуры воздуха до минимальной;

 a_{3an} — время до прекращения промерзания земляного полотна;

 $\lambda_{\text{гр(M)}}$ – коэффициент теплопроводности грунта перед промерзанием.

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

Затем сравниваем полученную величину морозного пучения с минимальной для данного типа покрытия.

6.3 Исходные данные и расчетная нагрузка

Исходные данные:

Тип дорожной одежды – облегченный

Заданная надежность – 0,95

Давление в шине р = 0,60 Мпа

Диаметр отпечатка шины D = 39 см

Статическая нагрузка на ось Q = 100 кН

1) Суммарное расчетное количество приложений расчетной нагрузки за срок службы.

Выполним расчет N_p используя данные пункта 3.1 и справочник [14, табл. 3.2, прил. 1] для определения $f_{\text{пол}}$, и $S_{\text{тсум}}$.

$$N_p = 0.55 \cdot (553 \cdot 0 + 122 \cdot 0.005 + 66 \cdot 0.2 + 103 \cdot 0.7 + 47 \cdot 1.25 + 9 \cdot 0.7 + 38 \cdot 1.5) = 114 \text{ abt./cyt.}$$

Затем определяем величину $K_{\rm c}$ используя справочник [14, прил. 6, табл. Пб.2] для определения q и $T_{\rm cn}$.

$$K_{\rm c} = \frac{1,047^{10} - 1}{1,047 - 1} = 12,40.$$

Далее выполняем расчет $\sum N_p$ используя справочник [14, табл. 3.3, прил. 6] для определения $T_{\rm p,r}$ и $k_{\rm n}$.

$$\sum N_p = 0.7 \cdot 114 \cdot \frac{12,40}{1,047^{(10-1)}} \cdot 140 \cdot 1,26 = 196425 \text{ ед./сут.}$$

2) Минимальный требуемый общий модуль упругости.

Выполним расчет E_{min} .используя справочник [14, п. 3.25] для определения C.

$$E_{min} = 98,65 \left(\left(\lg \sum 196425 \right) - 3,55 \right) = 172 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

6.4 Расчет первого варианта дорожной одежды

- 3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу.
 - а) Данные приведены в таблице (6.1)
 - б) Данные заносим таблицу 6.3

Таблица 6.3 – Расчетные характеристики материалов

| № | Наименование слоя | Толщина слоя h, м | h/Д | Е, МПа | $E_{\scriptscriptstyle H}/E_{\scriptscriptstyle B}$ | E _{oō} /E | Еоб |
|---|--|----------------------|------|--------|---|--------------------|-----|
| 1 | Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130 | 0,05 | 0,13 | 2400 | 0,10 | 0,12 | 284 |
| 2 | Асфальтобетон пористый марки III на БНД 90/130 | 0,07 | 0,18 | 1400 | 0,14 | 0,17 | 242 |
| 3 | Черный щебень | 0,15 | 0,38 | 600 | 0,21 | 0,32 | 194 |
| 4 | Супесь обработанная вяжущим | 0,3 | 0,77 | 280 | 0,20 | 0,45 | 125 |
| 5 | Супесь легкая W=0,6W _t | - | - | 56 | - | - | 56 |

Расчет ведем послойно, начиная с подстилающего грунта.

1.1) Супесь обработанная вяжущим

$$\frac{E_{\rm H}}{E_{\rm B}} = \frac{E_{\rm \Gamma p}}{E_{\rm H}} = \frac{49}{240} = 0.20,$$

$$\frac{h_{\rm B}}{D} = \frac{h_{\rm II}}{D} = \frac{0.3}{0.39} = 0.77.$$

По номограмме из справочника [14, рис 3.1] находим $E_{\text{об}}/E$.

$$\frac{E_{\pi}^{\text{общ}}}{E_{\pi}} = 0,45.$$

С помощью отношения E_{00}/E находим модуль упругости данного слоя.

$$E_{\Pi}^{\text{oбіц}} = 0.45 \cdot 240 = 125 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

1.2) Черный щебень.

$$\frac{E_{\text{II}}}{E_{\text{YIII}}} = \frac{125}{600} = 0.21,$$

$$\frac{h_{\text{чиц}}}{D} = \frac{0.15}{0.39} = 0.3,$$

$$\frac{E_{\text{чиц}}^{\text{общ}}}{E_{\text{чиц}}} = 0,32,$$

$$E_{\text{чиц}}^{\text{общ}} = 0.32 \cdot 600 = 194 \text{ Мпа.}$$

1.3) Асфальтобетон пористый.

$$\frac{E_{\text{чиц}}}{E_{\text{a/6}}} = \frac{194}{1400} = 0.14,$$

$$\frac{h_{\rm a/6}}{D} = \frac{0.07}{0.39} = 0.18,$$

$$\frac{E_{\rm a/6}^{\rm o 6 III}}{E_{\rm a/6}} = 0.17,$$

$$E_{\text{a/6}}^{\text{общ}} = 0,17 \cdot 1400 = 242 \text{ M}\Pi\text{a}.$$

1.4) Асфальтобетон плотный.

$$\frac{E_{\text{чиц}}}{E_{\text{2/6}}} = \frac{242}{2400} = 0.10,$$

$$\frac{h_{\rm a/6}}{D} = \frac{0.05}{0.39} = 0.13,$$

$$\frac{E_{\rm a/6}^{\rm ofiu}}{E_{\rm a/6}} = 0.12,$$

$$E_{a/6}^{\text{общ}} = 0.12 \cdot 2400 = 284 \text{ M}\Pi a.$$

в) Определяем коэффициент прочности $K_{\rm np}$.

$$K_{\text{np}} = \frac{284}{172} = 1,65.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp} = 1,17$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

- 4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.
 - а) Выполняем расчет $E_{\rm B}$ с использованием таблицы (6.1).

$$E_{e} = \frac{(1200 \cdot 0,05 + 800 \cdot 0,07 + 600 \cdot 0,15 + 240 \cdot 0,3)}{0,57} = 487,72 \text{ M}\Pi\text{a}.$$

б) Действующие активные напряжения сдвига.

Выполняем расчет T, используя справочник [14, рис. 3.2, рис 3.3] для определения $\tau_{\scriptscriptstyle \rm H}$.

$$T = 0.02355 \cdot 0.6 = 0.014 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

в) Предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя. Рассчитаем $T_{\rm пр}$ используя справочник [14, табл. П2.8, п. 3.35, табл. П2.4] для определения c_N , $k_{\rm д}$, $j_{\rm cr}$.

$$T_{\rm np} = 0.006 \cdot 1 + 0.1 \cdot 0.0021 \cdot 57 \cdot \text{tg} 36^{\circ} = 0.015 \text{ M}\Pi\text{a}.$$

 Γ) Определяем коэффициент прочности $K_{\rm np}$.

$$K_{\text{np}} = \frac{0.015}{0.014} = 1.07.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp}=1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигоустойчивости.

- 5) Сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.
 - а) Приводим конструкцию к двухслойной модели. Нижний слой $E_{\scriptscriptstyle \rm H}$.

$$E_{\rm H} = E_{\rm чиц}^{\rm oбиц} = 194 {\rm M}\Pi {\rm a}.$$

Верхний слой $E_{\rm B}$.

$$E_{\rm B} = \frac{(3600 \cdot 0.05 + 2200 \cdot 0.07)}{0.12} = 2783.33 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

б) Расчетное растягивающее напряжение.

Вычисляем σ_r используя справочник [14, рис. 3.4, п. 3.40] для определения σ_r $k_{\rm B}$.

$$\sigma_r = 2,12 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,080 \text{ M}\Pi a.$$

в) Предельное растягивающее напряжение.

Сначала вычисляем k_1 используя данные формулы (6.2) и справочник [14, табл. П.3.1] для определения α .

$$k_1 = \frac{6,3}{\sqrt[4]{196425}} = 0,299.$$

Вычисляем R_N используя справочник [14, табл. П.3.1, прил. 4] для определения R_0, k_2, V_R, t .

$$R_N = 7.8 \cdot 0.299 \cdot 0.8 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.7) = 1.548 \text{ M}\Pi a.$$

г) Коэффициент прочности K_{np} .

$$K_{\rm np} = \frac{1,548}{1,080} = 1,43.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию растягивающего напряжения определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp}=1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности.

6) Морозоустойчивость.

Вычислим промерзание дорожной конструкции:

1) Рассчитаем α , используя [15, табл. 4] для определения V

$$\alpha = 12\sqrt{1.8} = 16.10 \text{ BT/(m}^2 \cdot \text{K.)}$$

Вычислим $R_{\text{од}}$, используя [14, табл. П5.1] для определения $\lambda_{\text{од}}$.

$$R_{\text{од}} = \frac{0.05}{1.4} + \frac{0.07}{1.25} + \frac{0.15}{0.52} + \frac{0.3}{1.45} + \frac{1}{16.10} = 0.65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/Bt.}$$

2) Вычислим $W_{\text{нз}}$, используя [15, п. 5.3] для определения $K_{\text{нз}}$, W_p .

$$W_{\text{H3}} = 0.25 \cdot 0.1 = 0.025 \%.$$

Рассчитаем i_{3M} без массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , ρ_{ck} .

$$i_{\rm 3M} = \frac{(0.1 - 0.025)}{1000} \cdot 1660 = 0.125.$$

Рассчитаем i_{3M} с учетом массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{\text{ск}}$.

$$i_{\rm 3M} = \frac{(0.13 - 0.025)}{1000} \cdot 1660 = 0.174.$$

3) Вычислим $\theta_{min(o)}$ без массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения ($\theta_{min(o)}/a_{\text{темп}}$), $a_{\text{темп}}$.

$$\theta_{min(o)} = -15.6 \cdot 0.6 = -9.36$$
 °C.

Вычислим $\theta_{min(o)}$ с учетом массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения ($\theta_{min(o)}/a_{\text{темп}}$), $a_{\text{темп}}$.

$$\theta_{min(o)} = -15.6 \cdot 0.56 = -8.74$$
 °C.

4) Вычислим $z_{\text{пр}}$ без массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{\text{пр}}$, c, $A'_{\text{пр}}$, $B'_{\text{пр}}$, $A''_{\text{пр}}$, $B''_{\text{пр}}$, $a_{\text{пон}}$, $a_{\text{зап}}$, $\lambda_{\text{гр(м)}}$.

$$\begin{aligned} z_{\text{np}} &= 0.86 \cdot 1.1 \cdot 0.98 \cdot \left[0.62 \cdot 3.5 + 2.8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot \left(0.65 \cdot 3.8 - 0.62 \cdot 3.5 \right) \right] \cdot 1.28 + \\ &\quad + 0.57 = 3.31 \text{ m}. \end{aligned}$$

Вычислим $z_{\text{пр}}$ с учетом массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{\text{пр}}$, c, $A'_{\text{пр}}$, $B'_{\text{пр}}$, $A''_{\text{пр}}$, $B''_{\text{пр}}$, $a_{\text{пон}}$, $a_{\text{зап}}$, $\lambda_{\text{гр(м)}}$.

$$z_{np} = 0.86 \cdot 1.1 \cdot 0.98 \cdot \left[0.59 \cdot 2.8 + 2.8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0.62 \cdot 3.1 - 0.59 \cdot 2.8) \right] \cdot 1.45 + 0.57 = 2.96 \text{ m}.$$

Вычислим $l_{\text{пуч ср}}$ используя справочник [14, п. 4.6, рис. 4.3] для определения $a, b, c, l_{\text{пуч ср 2,0}}$.

$$l_{\text{пуч ср}} = 0.06 \cdot (1.08 + 0.08(3.31 - 2.5)) = 0.07 \text{ M}.$$

Рассчитаем $l_{\text{пуч}}$ используя справочник [14, рис. 4.1, табл. 4.4, табл. 4.5, табл. 4.6, рис 4.2] для определения $K_{\text{УГВ}}$, $K_{\text{пл}}$, $K_{\text{гр}}$, $K_{\text{нагр}}$, $K_{\text{гл}}$.

$$l_{\text{IIVY}} = 7 \cdot 0.43 \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 1 = 2.65 \text{ cm}.$$

Допустимая величина пучения для облегченных асфальтобетонных покрытий 6 см. Значит дорожная одежда удовлетворяет требованиям морозоустойчивости.

6.5 Расчет второго варианта дорожной одежды

- 1) То же, что в расчете дорожной одежды №1.
- 2) То же, что в расчете дорожной одежды №1.
- 3) Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу.
 - а) Данные приведены в таблице (6.2)
 - б) Данные заносим таблицу 6.3

Таблица 7.4 – Расчетные характеристики материалов

| № | Наименование слоя | Толщина слоя h, м | һ/Д | Е, МПа | E _H /E _B | E _{oő} /E | Еоб |
|---|--|----------------------|------|--------|--------------------------------|--------------------|-----|
| 1 | Асфальтобетон плотный марки II на БНД 90/130 | 0,05 | 0,13 | 2400 | 0,10 | 0,12 | 282 |
| 2 | Асфальтобетон пористый марки III на БНД 90/130 | 0,07 | 0,18 | 1400 | 0,14 | 0,17 | 241 |
| 3 | Фракционированный щебень методом заклинки | 0,20 | 0,51 | 450 | 0,26 | 0,43 | 194 |
| 4 | ЩПС С6 | 0,30 | 0,77 | 240 | 0,23 | 0,48 | 116 |
| 5 | Супесь легкая W=0,6W _t | - | - | 56 | - | - | 56 |

Расчет ведем послойно, начиная с подстилающего грунта.

1.1) Щебеночно-песчаная смесь С6.

$$\frac{E_{\rm H}}{E_{\rm R}} = \frac{E_{\rm rp}}{E_{\rm unc}} = \frac{56}{240} = 0.23,$$

$$\frac{h_{\rm B}}{D} = \frac{h_{\rm IUIIC}}{D} = \frac{0.3}{0.39} = 0.77,$$

$$\frac{E_{\text{minc}}^{\text{ofin}}}{E_{\text{minc}}} = 0,48,$$

$$E_{\text{init}}^{\text{obit}} = 0.48 \cdot 240 = 116 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

1.2) Фракционированный щебень методом заклинки.

$$\frac{E_{\text{IUITC}}}{E_{\text{IU}}} = \frac{118}{450} = 0.26,$$

$$\frac{h_{\text{III}}}{D} = \frac{0.20}{0.39} = 0.51,$$

$$\frac{E_{\text{III}}^{\text{общ}}}{E_{\text{III}}} = 0,43,$$

$$E_{\text{III}}^{\text{OOIII}} = 0.43 \cdot 450 = 192 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

1.3) Асфальтобетон пористый.

$$\frac{E_{\text{III}}}{E_{\text{a/6}}} = \frac{194}{1400} = 0.14,$$

$$\frac{h_{\rm a/6}}{D} = \frac{0.07}{0.39} = 0.18,$$

$$\frac{E_{\rm a/6}^{\rm o f u u}}{E_{\rm a/6}} = 0.17,$$

$$E_{\text{a/6}}^{\text{общ}} = 0.17 \cdot 1400 = 241 \text{ M}\Pi\text{a}.$$

1.4) Асфальтобетон плотный.

$$\frac{E_{\rm a/6}}{E_{\rm a/6}} = \frac{266}{2400} = 0.11,$$

$$\frac{h_{\rm a/6}}{D} = \frac{0.05}{0.39} = 0.14,$$

$$\frac{E_{\rm a/6}^{\rm o 6 m}}{E_{\rm a/6}} = 0.12,$$

$$E_{a/6}^{\text{общ}} = 0.12 \cdot 2400 = 282 \text{ M} \pi \text{a}.$$

в) Определяем коэффициент прочности $K_{\rm np}$.

$$K_{\rm np} = \frac{282}{172} = 1,64$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp} = 1,17$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

- 4) Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.
 - а) Выполняем расчет $E_{\rm B}$ с использованием таблицы (6.1).

$$E_{\scriptscriptstyle 6} = \frac{(1200 \cdot 0,05 + 800 \cdot 0,07 + 450 \cdot 0,20 + 240 \cdot 0,30)}{0,62} = 448,38 \; \mathrm{M\Pi a}.$$

б) Действующие активные напряжения сдвига.

Выполняем расчет T, используя справочник [14, рис. 3.2, рис 3.3] для определения $\tau_{\rm H}$.

$$T = 0.02188 \cdot 0.6 = 0.013 \text{ M}\Pi a.$$

в) Предельное активное напряжение сдвига в грунте рабочего слоя. Рассчитаем $T_{\rm пр}$ используя справочник [14, табл. П2.8, п. 3.35, табл. П2.4] для определения c_N , $k_{\rm д}$, $j_{\rm cr}$.

$$T_{\text{np}} = 0.006 \cdot 1 + 0.1 \cdot 0.0017 \cdot 62 \cdot \text{tg} 36^{\circ} = 0.014 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

г) Определяем коэффициент прочности $K_{\rm np}$.

$$K_{\rm np} = \frac{0.014}{0.013} = 1.08.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp}=1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигоустойчивости.

- 5) Сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.
 - а) Приводим конструкцию к двухслойной модели. Нижний слой $E_{\mbox{\tiny H}}.$

$$E_{\rm H} = E_{\rm III}^{
m o 6 III} = 192 \ {
m M} \Pi {
m a}.$$

Верхний слой $E_{\rm B}$.

$$E_{\text{\tiny B}} = \frac{(3600 \cdot 0.05 + 2200 \cdot 0.07)}{0.12} = 2783.33 \text{ M}\Pi \text{a}.$$

б) Расчетное растягивающее напряжение.

Вычисляем σ_r используя справочник [14, рис. 3.4, п. 3.40] для определения σ_r $k_{\rm B}$.

$$\sigma_r = 2.13 \cdot 0.6 \cdot 0.85 = 1.085 \text{ M}\Pi a.$$

в) Предельное растягивающее напряжение.

Сначала вычисляем k_1 используя данные формулы (7.2) и справочник [ОДН, табл. П.3.1] для определения α .

$$k_1 = \frac{6.3}{\sqrt[4]{196425}} = 0.299.$$

Вычисляем R_N используя справочник [14, табл. П.3.1, прил. 4] для определения $R_0,\,k_2,\,V_R,\,t.$

$$R_N = 7.8 \cdot 0.299 \cdot 0.8 \cdot (1 - 0.1 \cdot 1.7) = 1.548 \text{ M}\Pi a.$$

г) Коэффициент прочности $K_{\rm np}$.

$$K_{\rm np} = \frac{1,548}{1.085} = 1,42.$$

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию растягивающего напряжения определяем по справочнику [14, табл. 3.1]. Принимаем $K_{\rm np}^{\rm Tp}=1$. Выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности.

6) Морозоустойчивость.

Вычислим промерзание дорожной конструкции:

1) Рассчитаем α , используя [15, табл. 4] для определения V.

$$\alpha = 12\sqrt{1.8} = 16.10 \text{ BT/(M}^2 \cdot \text{K.)}$$

Вычислим $R_{\text{од}}$, используя [14, табл. П5.1] для определения $\lambda_{\text{од}}$.

$$R_{\text{од}} = \frac{0.05}{1.4} + \frac{0.07}{1.25} + \frac{0.20}{1.39} + \frac{0.3}{2.10} + \frac{1}{16.10} = 0.44 \text{ m}^2 \cdot \text{K/Bt}.$$

2) Вычислим $W_{\text{нз}}$, используя [15, п. 5.3] для определения $K_{\text{нз}}$, W_p .

$$W_{\rm H3} = 0.25 \cdot 0.1 = 0.025 \%.$$

Рассчитаем $i_{\scriptscriptstyle 3M}$ без массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{\scriptscriptstyle \mathrm{CK}}$.

$$i_{\text{3M}} = \frac{(0.1 - 0.025)}{1000} \cdot 1660 = 0.125.$$

Рассчитаем $i_{\scriptscriptstyle 3M}$ с учетом массопереноса, используя [15, п. 5.3] для определения W_0 , $\rho_{\scriptscriptstyle {\rm CK}}$.

$$i_{\text{\tiny 3M}} = \frac{(0,13 - 0,025)}{1000} \cdot 1660 = 0,174.$$

3) Вычислим $\theta_{min(o)}$ без массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения ($\theta_{min(o)}/a_{\text{темп}}$), $a_{\text{темп}}$.

$$\theta_{min(o)} = -15.6 \cdot 0.75 = -11.7$$
 °C.

Вычислим $\theta_{min(o)}$ с учетом массопереноса, используя [15, рис. 7, табл. 8] для определения ($\theta_{min(o)}/a_{\text{темп}}$), $a_{\text{темп}}$.

$$\theta_{min(0)} = -15.6 \cdot 0.71 = -11.1 \,^{\circ}\text{C}.$$

4) Вычислим $z_{\text{пр}}$ без массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{\text{пр}}$, c, $A'_{\text{пр}}$, $B'_{\text{пр}}$, $A''_{\text{пр}}$, $B''_{\text{пр}}$, $a_{\text{пон}}$, $a_{\text{зап}}$, $\lambda_{\text{гр(м)}}$.

$$z_{\text{np}} = 0.86 \cdot 1.1 \cdot 0.98 \cdot \left[0.72 \cdot 3.5 + 2.8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0.75 \cdot 3.8 - 0.72 \cdot 3.5) \right] \cdot 1.28 + 0.62 = 3.79 \text{ M}.$$

Вычислим $z_{\text{пр}}$ с учетом массопереноса, используя [15, прил. 3, табл. 8, рис. 8, рис. 9] для определения $a_{\text{пр}}$, c, $A'_{\text{пр}}$, $B'_{\text{пр}}$, $A''_{\text{пр}}$, $B''_{\text{пр}}$, $a_{\text{пон}}$, $a_{\text{зап}}$, $\lambda_{\text{гр(м)}}$.

$$z_{\text{np}} = 0.86 \cdot 1.1 \cdot 0.98 \cdot \left[0.70 \cdot 2.8 + 2.8 \cdot \left(1 - \frac{122}{146} \right) \cdot (0.73 \cdot 3.1 - 0.70 \cdot 2.8) \right] \cdot 1.45 + 0.62 = 3.44 \text{ m}.$$

Вычислим $l_{\text{пуч ср}}$ используя справочник [14, п. 4.6, рис. 4.3] для определения $a, b, c, l_{\text{пуч ср 2,0}}$.

$$l_{\text{пуч cp}} = 0.06 \cdot (1.08 + 0.08(3.79 - 2.5)) = 0.071 \text{ M}.$$

Рассчитаем $l_{\text{пуч}}$ используя справочник [14, рис. 4.1, табл. 4.4, табл. 4.5, табл. 4.6, рис 4.2] для определения $K_{\text{УГВ}}$, $K_{\text{пл}}$, $K_{\text{гр}}$, $K_{\text{нагр}}$, $K_{\text{гл}}$.

$$l_{\text{IIVY}} = 7.1 \cdot 0.43 \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 1 = 2.69 \text{ cm}.$$

Допустимая величина пучения для облегченных асфальтобетонных покрытий 6 см. Значит дорожная одежда удовлетворяет требованиям морозоустойчивости.

6.6 Сравнение вариантов дорожной одежды

Для сравнения вариантов дорожной одежды были составлены локальные сметы на оба варианта, они приведены в приложении Б. В ходе сравнения сметная стоимость 2 варианта конструкции дорожной одежды, равная 12997,27 тыс. руб., оказалась меньше, чем 1 вариант, равный 13156,77 тыс. руб. Поэтому выбираем 2 вариант конструкции дорожной одежды.

7 Решение вопросов водоотвода

7.1 Система поверхностного водоотвода. Параметры кюветов

Ширину кюветов принимаем равной 0,5 м. Глубина кюветов от 0,3 до 1 м. На поперечных профилях 1 типа заложение откосов 1:3, на поперечных профилях 2 типа заложение откосов 1:1,5. Кюветы с продольным профилем от 0 до 20‰ без укрепления, от 20 до 30‰ засев трав, от 30 до 50‰ мощение, более 50‰ бетонные лотки.

7.2 Назначение водопропускных сооружений

На ПК36+20 размещаем трубу диаметром 2 м., так как там расположен временный водоток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект участка автомобильной дороги IV технической категории разработан с учетом местных условий, учтена глубина промерзания и оттаивания. Технические, качественные и технико-экономические показатели проектируемого участка соответствуют требованиям, предъявляемым к дорогам общего пользования IV категории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Положение о государственной итоговой аттестации выпускников по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (ПВД ПГИАВ 2016). Принято на заседании Ученого совета СФУ 25.01.2015 (протокол №1). Красноярск, 2016.
- 2. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. Взамен СТО 4.2-07-2012; введ. 30.12.2013. Красноярск: ИПК СФУ, 2014. 60с.
- 3. ГОСТ Р 21.1101 2013 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. Взамен ГОСТ Р 21.1101 2009; введ. с 11.06.2013. Москва: Стандартинформ, 2013. 55с.
- 4. ГОСТ 21.701-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. Введ. c11.06.2013. Москва: Стандартинформ, 2014.
- 5. ГОСТ 21.302-2013 Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения в документации по инженерногеологическим изысканиям. Введ. с 14.03.2013. – Москва. Стандартинформ, 2015.
- 6. География Иркутской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.meteotrend.com/city-article/5699/
- 7. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-01-99*. Введ. с 01.01.2013. Москва. Минстрой России, 2015.
- 8. Железногорск-Илимский: о городе [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pribaikal.ru/gorod.html
- 9. Гидрологические условия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Илим_(приток_Ангары)]

- 10. Гавриленко, Т.В. Основы проектирования автомобильных дорог. Обоснование технических нормативов дороги [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://road-project.okis.ru/files/8/3/6/836/Osnovy_KP/2_Intensity.pdf
- 11. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. Введ. с 01.06.2013. Москва. Госстрой России, 2013.
- 12. Лекциопедия. Обоснование руководящих и контрольных отметок насыпи [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lektsiopedia.org/lek-79005.html
- 13. ВСН 84-89 Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. Введ. с 13.03.1989. Москва. Минтрансстрой СССР, 1989.
- 14. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Взамен ВСН 46-83. Введ. с 01.01.2001. Москва. Транспорт, 2002.
- 15. Пособие к СНиП 2.05.02-85 Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна. Введ. с 31.08.87. Москва. Стройиздат, 1989.
- 16. ТЕР 81-02-27-2001. Территориальные единичные расценки на строительные работы. Сб. № 27. Автомобильные дороги. Красноярск: ООО «Корина-офсет», 2004. 54 с.
- 17. ТСЦ 81-01-2001. І зона Красноярского края (г. Красноярск): территориальный сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции: в 5 ч. Ч.4. Красноярск: ООО «Корина-офсет», 2003. 102 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ведомость углов поворота, прямых и кривых

| . | | ëîæåío øèíûó | | Âåëè÷èí ïîâî | à óãëî â ðî òà | Đàäèóñ, | | Ýëåì ảí òû êðèâî é, ì àí ãåí ñ òàí ãåí ñ aðåőî äí ûå êðèâûå êðèâàÿ ðèññà | | | | | Îîëîæåíèåïåðåõîäíûðííà÷àëî êîíåö êîíåö | | | | | řá řáci r | | | Äëèí à | |
|--------------|----|-----------------|----|-----------------|-------------------|---------|-----------|---|--------------|-------------------|----------------------|-----------------|--|-------|----|-------|----|-----------|----|------|------------------------------------|----------------|
| Q, | êì | ΪÊ | + | âëåâî | âï ðàâî | ì | òàí ãảí ñ | òàí ãåí ñ | i åðåõî äí ú | ìå êðèâ ûå | êðóãî âàÿa êðèâàÿ | àèññåê ðèññà | ΪÊ | + | ΪÊ | + | ΪÊ | + | ΪÊ | + 6 | ì åæäó ååðøèí àì é óãëî â, ì | jïðÿìîé, Èì |
| ÍÒ | 1 | 0 | 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ÂÓ1 | 2 | 10 | 35 | 16° | _ | 2000 | 281,08 | 281,08 | _ | _ | 558,50 | 19,66 | 7 | 53,9 | 7 | 53,9 | 13 | 12,4 | 13 | 12,4 | 1035 | 753,9 |
| | | | | | | | | , | | | , | , | | · | | , | | | | , | 2877 | 1536,2 |
| ÂÓ2 | 4 | 39 | 12 | - | 56° | 2000 | 1063,42 | 1063,42 | - | - | 1954,77 | 265,14 | 28 | 48,6 | 28 | 48,6 | 48 | 03,4 | 48 | 03,4 | 1308 | 416,6 |
| ÊÒ | 6 | 52 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1000 | 1 10,0 |
| ĺÒ | 1 | 0 | 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ÂÓ1 | 3 | 28 | 98 | 30° | | 2000 | 535,90 | 535,90 | | | 1047,20 | 70,55 | 22 | 62.1 | 22 | 62,1 | 24 | 09,3 | 24 | UO 3 | 2898 | 2362,1 |
| | 3 | 20 | 90 | 30 | - | 2000 | 333,90 | 333,90 | - | - | 1047,20 | 70,33 | حک | 02, I | ۷۵ | 02, 1 | 34 | 03,3 | 34 | 09,3 | 2242 | 1730,7 |
| ÊÒ | 5 | 51 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

приложение б

Ведомость отметок земли по оси дороги

| Местопо | оложение | Отметки | Вид |
|---------|----------|----------|---------------|
| ПК | + | земли, м | точки |
| 0 | 00 | 601,00 | Начало трассы |
| 0 | 70 | 600,65 | Начало ВК |
| 1 | 00 | 600,50 | ПК1 |
| 2 | 00 | 599,16 | ПК2 |
| 3 | 00 | 596,31 | ПК3 |
| 3 | 80 | 594,35 | Конец ВК |
| 3 | 90 | 594,10 | Начало ВК |
| 4 | 00 | 593,84 | ПК4 |
| 5 | 00 | 590,45 | ПК5 |
| 5 | 02 | 590,44 | Конец ВК |
| 5 | 47 | 590,04 | Начало ВК |
| 6 | 00 | 589,58 | ПК6 |
| 7 | 00 | 589,84 | ПК7 |
| 7 | 53,9 | 589,65 | НК |
| 8 | 00 | 589,48 | ПК8 |
| 8 | 53 | 588,75 | Конец ВК |
| 9 | 00 | 588,10 | ПК9 |
| 9 | 46 | 587,19 | Начало ВК |
| 10 | 00 | 586,12 | ПК10 |
| 10 | 54 | 585,62 | Конец ВК |
| 11 | 00 | 585,19 | ПК11 |
| 12 | 00 | 584,69 | ПК12 |
| 13 | 00 | 582,94 | ПК13 |

| 13 | 01 | 582,93 | Начало ВК |
|----|------|--------|------------|
| 13 | 12,4 | 582,85 | КК |
| 13 | 73 | 582,20 | Вершина ВК |
| 14 | 00 | 581,92 | ПК14 |
| 14 | 21 | 582,12 | Конец ВК |
| 14 | 47 | 582,37 | Начало ВК |
| 15 | 00 | 582,88 | ПК15 |
| 16 | 00 | 583,16 | ПК16 |
| 16 | 15 | 583,03 | Вершина ВК |
| 17 | 00 | 582,32 | ПК17 |
| 17 | 55 | 582,36 | Конец ВК |
| 17 | 87 | 582,37 | Начало ВК |
| 18 | 00 | 582,38 | ПК18 |
| 18 | 17 | 582,41 | Вершина ВК |
| 19 | 00 | 582,54 | ПК19 |
| 19 | 13 | 582,77 | Конец ВК |
| 19 | 41 | 583,25 | Начало ВК |
| 20 | 00 | 584,28 | ПК20 |
| 20 | 37 | 584,23 | Вершина ВК |
| 21 | 00 | 584,14 | ПК21 |
| 22 | 00 | 582,32 | ПК22 |
| 22 | 59 | 580,70 | Конец ВК |
| 23 | 00 | 579,58 | ПК23 |
| 24 | 00 | 575,02 | ПК24 |
| 25 | 00 | 572,10 | ПК25 |
| 26 | 00 | 569,45 | ПК26 |
| 27 | 00 | 565,55 | ПК27 |
| | • | | • |

| 27 | 43 | 564,22 | Начало ВК |
|----|------|--------|------------|
| 28 | 00 | 562,51 | ПК28 |
| 28 | 48,6 | 561,01 | НК |
| 28 | 57 | 560,91 | Конец ВК |
| 29 | 00 | 559,43 | ПК29 |
| 29 | 45 | 558,74 | Начало ВК |
| 30 | 00 | 557,90 | ПК30 |
| 31 | 00 | 555,37 | ПК31 |
| 32 | 00 | 551,28 | ПК32 |
| 32 | 55 | 548,48 | Конец ВК |
| 33 | 00 | 546,20 | ПК33 |
| 33 | 37 | 544,52 | Начало ВК |
| 34 | 00 | 541,67 | ПК34 |
| 34 | 62 | 539,72 | Конец ВК |
| 35 | 00 | 538,57 | ПК35 |
| 35 | 90 | 534,75 | Начало ВК |
| 36 | 00 | 534,18 | ПК36 |
| 36 | 20 | 533,34 | Труба |
| 36 | 46 | 533,46 | Вершина ВК |
| 37 | 00 | 533,73 | ПК37 |
| 37 | 46 | 536,70 | Конец ВК |
| 38 | 00 | 540,13 | ПК38 |
| 38 | 50 | 543,17 | Начало ВК |
| 39 | 00 | 546,22 | ПК39 |
| 40 | 00 | 550,90 | ПК40 |
| 41 | 00 | 553,88 | ПК41 |
| | I | i . | ı |

Окончание приложения Б

| 41 | 50 | 555 56 | Начало ВК |
|----|------|--------|--------------|
| 41 | 30 | 555,56 | Конец ВК |
| 42 | 00 | 557,25 | ПК42 |
| 43 | 00 | 560,64 | ПК43 |
| 44 | 00 | 560,83 | ПК44 |
| 44 | 50 | 562,06 | Конец ВК |
| 45 | 00 | 563,30 | ПК45 |
| 45 | 40 | 564,54 | Начало ВК |
| 46 | 00 | 566,39 | ПК46 |
| 46 | 60 | 567,70 | Конец ВК |
| 47 | 00 | 568,57 | ПК47 |
| 48 | 00 | 573,12 | ПК48 |
| 48 | 03,4 | 573,22 | КК |
| 48 | 70 | 575,17 | Начало ВК |
| 49 | 00 | 576,06 | ПК49 |
| 50 | 00 | 578,71 | ПК50 |
| 50 | 92 | 580,15 | Вершина ВК |
| 51 | 00 | 580,27 | ПК51 |
| 51 | 94 | 579,28 | Конец ВК |
| 52 | 00 | 579,21 | ПК52 |
| 52 | 20 | 578,92 | Конец трассы |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Локальный сметный расчет №1

на устройство дорожной одежды для участка автомобильной дороги IV технической категории протяжённостью 5,22км

 Сметная стоимость, тыс. руб.
 13156,77

 Нормативная трудоемкость, тыс. чел. ч.
 21,91

 Сметная заработная плата, тыс. руб.
 400,19

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

| | | | | Коли- чество, объем | | мость цы, руб | Обща | я стоимость, | руб | 13. | емкость, ел.ч | |
|---------------------|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------------|----------|-------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------------------|------------------|--|
| № п/ п | Шифр и номер позиции норматива | Наименование работ и затрат | Ед. изм. | | | Эксплуата- ции машин | | оплаты | зксплуатаци и машин | на едини цу | всего | |
| 11 | порматива | | | | оплаты | в т.ч. | затрат | труда | в т.ч. | стро | строителей | |
| | | | | | труда | оплаты труда | | | оплаты труда | маши | нистов | |
| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| | 1 27-01-001-02 K=1,5 | Устройство нижнего слоя основания из супеси легкой, | 1000 м ² | | 14154,78 | 9748,50 | 1 (1707 1 00 | 10011 10 | 1113814,9 | 16,07 | 1836,08 | |
| 1 | | обработанной органическим вяжущим толщиной 20 см | | 76,17 | 165,52 | 872,49 | 1617254,39 | 18911,49 | 99686,34 | 59,33 | 6778,67 | |

| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---|--|---------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------------------|------------|-------|----------|
| 2 | (407-9085) | Супесь | м ³ | 13939 | 90,83 | | 1266089,36 | | | | |
| 3 | (101-1797) | Битумная | Т | 130 | 155420 | | 201370,19 | | | | |
| | 27-06-018-01 | Устройство верхнего слоя | | | 40459,44 | 3082,06 | | | 327777,08 | 45,83 | 4874,02 |
| 4 | K=2,5 | основания из черного щебня толщиной 6 см | 1000 м ² | 42,54 | 483,96 | 253,63 | 4302861,44 | 51469,15 | 10789,42 | 17,25 | 1834,20 |
| 5 | 27-06-020-06 | Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей | 1000 m^2 | 36,54 | 43598,95 | 3006,47 | 1593105,63 | 15492,23 | 109856,41 | 38,30 | 1399,48 |
| | 27 00 020 00 | пористых крупнозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см | 1000 M | 30,31 | 423,98 | 288,47 | 1373103,03 | 13 172,23 | 10540,69 | 19,62 | 716,77 |
| 6 | 27-06-021-06 | Изменение толщины горячего а/б | 1000 м ² | 36,54 | 5035,00 | 5,42 | 1103873,40 | 219,24 | 1188,28 | 0,09 | 19,73 |
| | K=6 | покрытия на 0,5 см | 1000 111 | 30,51 | 1,00 | | 1103073,10 | 219,21 | | | |
| 7 | 27-06-020-01 | Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей плотных | 1000 м ² | 36,54 | 45540,43 | 3015,10 | 1664047,31 | 15492,23 | 110171,75 | 38,30 | 1399,48 |
| , | 27 00 020 01 | мелкозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см | 1000 M | 30,31 | 423,98 | 288,92 | 1001017,51 | 13 172,23 | 10557,14 | 19,65 | 717,89 |
| 8 | 27-06-021-01 | Изменение толщины горячего а/б | 1000 м ² | 36,54 | 5251,99 | 5,74 | 383815,43 | 73,08 | 419,48 | 0,09 | 6,58 |
| | K=2 | покрытия на 0,5 см | 1000 | 20,21 | 1,00 | | 200010,10 | , , , , , | | | |
| 9 | МДС 81-35.2004 | Итого прямых затрат | TINGLALLY COTTOOT | | | | | | 1663227,88 | | 9535,37 |
| | | | · · · | | | | | | 131573,60 | | 10047,53 |
| 10 | МДС 81-35.2004 | Поправка к заработной плате, 60% | | 139938,60 | 60994,45 | 78944,16 | | | | | |
| 11 | МДС 81-35.2004 Итого прямых затрат с поправкой к заработной плате | | | | | | 12272355,76 | 12272355,76 162651,86 | 1742172,03 | | 9535,37 |
| 11 | 1.140 01 33.2004 | TITOTO ILPAINDIA SUTPUT O HOILPUDKON K S | | 122/2333,70 | 102031,00 | 210517,75 | | 10047,53 | | | |

| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-------------------------------------|---|---|---|---|---|-------------|-----------|---|----|----------|
| 12 | МДС 81-33.2004 прил. 4, пункт 21 | Накладные расходы, 142% | | | | | 529900,85 | | | | |
| 13 | МДС 81-35.2004 | Сметная заработная плата рабочих, вы накладными расходами, 5,1% | * | | | | | | | | |
| 14 | МДС 81-35.2004 | Нормативная трудоемкость рабочих, накладными расходами, 0,0044% | рмативная трудоемкость рабочих, выполняющих работы, учитываемые | | | | | | | | 2331,56 |
| 15 | | Себестоимость СМР | | | | | 12802256,61 | | | | |
| 16 | МДС 81-25.2001 прил. 3, пункт 21 | Сметная прибыль, 95% | | | | | 354511,13 | | | | |
| 17 | | Сметная стоимость | Сметная стоимость | | | | | | | | |
| 16 | | Нормативная трудоемкость всего по смете | | | | | | | | | 21914,46 |
| 17 | | Зарплата всего по смете | | | | | | 400194,56 | | | |

Локальный сметный расчет №2

на устройство дорожной одежды для участка автомобильной дороги IV технической категории протяжённостью 5,22км

 Сметная стоимость, тыс. руб.
 12997,27

 Нормативная трудоемкость, тыс. чел. ч.
 19,24

Сметная заработная плата, тыс. руб. 354,57

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

| | | Наименование работ и затрат | | | | мость цы, руб | Обща | ия стоимость, | руб | Трудоемкость, чел.ч | |
|---------------------|--------------------------------------|--|---------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------|---------------|------------------------|------------------------|---------|
| № п/ п | Шифр и номер позиции норматива | | Ед. изм. | Коли- чество, объем | прямых затрат | Эксплуата- ции машин | | оплаты | зксплуатаци и машин | на едини цу | всего |
| 11 | пормитиви | | | ООВСМ | оплаты | в т.ч. | | труда | В Т.Ч. | стро | ителей |
| | | | | | труда | оплаты труда | | | оплаты труда | маши | нистов |
| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 27-04-003-02 | Устройство нижнего слоя основания из ПЩС С6 толщиной | 1000 м ² | 80,89 | 3036,76 | 2771,52 | 614108,79 | 49241,79 | 560470,63 | 25,74 | 5205,27 |
| | K=2,5 | 12 см | | , | 243,50 | 278,36 | ,,,, | , , , , | 56291,35 | 18,93 | 3827,81 |
| | | | 2 | | 164,11 | | | | | | |
| 4 | (408-9181) | -9181) Песчано-щебеночная смесь м3 | M ³ | 30738 | | | 5044446,00 | | | | |
| | 27.04.005.02 | Устройство верхнего слоя | 1000 м ² | 12.00 | 29738,41 | 5982,76 | 1272002.05 | 1.1505.65 | 256062,13 | 36,63 | 1567,76 |
| 4 | 27-04-006-02 o | основания из фракционированного 1 щебня толщиной 15 см | | 42,80 | 343,59 | 629,41 | 1272803,95 | 14705,65 | 26938,75 | 42,80 | 1831,83 |

| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-------------------------------------|---|--|----------|----------|---------|-------------|-----------|------------|--|---------|
| | 27-04-006-04 | | | | 1709,94 | 300,13 | | | 64227,82 | | |
| 4 | K=5 | Изменение толщины слоя на 1 см | 1000 м ² | 42,80 | | 33,13 | 365927,16 | | 7089,82 | 2,25 38,30 19,62 0,09 38,30 19,65 0,09 | 482,11 |
| - | 27-06-020-016 | Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей | 1000 - 2 | 26.54 | 43598,95 | 3006,47 | 1502105 62 | 15402.22 | 109856,41 | 38,30 | 1399,48 |
| 5 | 27-06-020-016 | пористых крупнозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см | 1000 м ² | 36,54 | 423,98 | 288,47 | 1593105,63 | 15492,23 | 10540,69 | 19,62 | 716,77 |
| 6 | 27-06-021-06 | Изменение толщины горячего а/б | 1000 м ² | 36,54 | 5035,00 | 5,42 | 1103873,40 | 219,24 | 1188,28 | 0,09 | 19,73 |
| | K=6 | покрытия на 0,5 см | 1000 M | 30,31 | 1,00 | | 1103073,10 | 217,21 | | | |
| 7 | 27-06-020-01 | Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей плотных | 1000 м ² | 36,54 | 45540,43 | 3015,10 | 1664047,31 | 15492,23 | 110171,75 | 38,30 | 1399,48 |
| , | 27-00-020-01 | мелкозернистых 2,5-2,9 т/м3 и более толщиной 4 см | 1000 M | 30,34 | 423,98 | 288,92 | 288,92 | 13492,23 | 10557,14 | 19,65 | 717,89 |
| 8 | 27-06-021-01 | Изменение толщины горячего а/б | 1000 м ² | 36,54 | 5251,99 | 5,74 | 383815,43 | 73,08 | 419,48 | 0,09 | 6,58 |
| | K=2 | покрытия на 0,5 см | 1000 111 | 33,5 . | 1,00 | | 200010,10 | , , , , , | | | |
| 9 | МДС 81-35.2004 | Итара прим и затрат | | | | | 12089700,56 | 95224,22 | 1102466,66 | | 9598,31 |
| 9 | идс 81-33.2004 | Итого прямых затрат | | | | | 12089700,30 | 93224,22 | 111417,75 | | 7576,41 |
| 10 | МДС 81-35.2004 | Поправка к заработной плате, 60% | | | | | 123985,18 | 57134,53 | 66850,65 | | |
| 11 | МДС 81-35.2004 | Итого прямых затрат с поправкой к з | апаботно | ой плате | | | 12213685,74 | 152358,75 | 1169317,31 | | 9598,31 |
| 11 | ₩ДС 61-33.2004 | ттого примых заграг с поправкой к з | араоотне | ун плате | | | 12213003,74 | 132330,73 | 178268,40 | | 7576,41 |
| 12 | МДС 81-33.2004 прил. 4, пункт 21 | Накладные расходы, 142% | | | | | 469490,55 | | | | |
| 13 | МДС 81-35.2004 | Сметная заработная плата рабочих, в накладными расходами, 5,1% | Сметная заработная плата рабочих, выполняющих работы, учитываемые накладными расходами, 5,1% | | | | | | | | |
| 14 | МДС 81-35.2004 | Нормативная трудоемкость рабочих, накладными расходами, 0,0044% | ваемые | | | | | 2065,76 | | | |
| 15 | | Себестоимость СМР | | | | | 12683176,29 | | | | |

Окончание приложения В

| 1 | 2 | 3 | 3a | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|-------------------------------------|---|----|---|---|---|-------------|-----------|---|----|----------|
| 16 | МДС 81-25.2001 прил. 3, пункт 21 | Сметная прибыль, 95% | | | | | 314095,79 | | | | |
| 17 | | Сметная стоимость | | | | | 12997272,08 | | | | |
| 16 | | Нормативная трудоемкость всего по смете | | | | | | | | | 19240,47 |
| 17 | | Зарплата всего по смете | | | | | | 354571,17 | | | |