ВВЕДЕНИЕ

Проектное задание на проектирование автомобильной дороги II технической категории в Смоленской области, разработана кафедрой «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», приказом РУТ(МИИТ) от «08» февраля 2021г. №269/с.

Основным документом на проектирование участка автомобильной дороги является СП 34.13330.2021.

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Смоленская область (Смоленщина) — субъект Российской Федерации, входит в состав Центрального федерального округа.

На западе область граничит с Белоруссией (Витебская и Могилёвская) области, на севере с Псковской и Тверской областями, на востоке с Московской областью, на юго-востоке с Калужской областью, на юге с Брянской областью.

Административный (областной) центр — город Смоленск.

Площадь области составляет 49 779 км.

Численность населения области по данным Росстата составляет 934,9 тыс. (2020) человек

Наиболее крупные города области (чел.):

Смоленск	320 170
Вязьма	52 347
Рославль	48 909
Ярцево	42 677
Сафоново	41 138
Гагарин	28 866

1.1 Климатические условия района

Климат в области умеренно-континентальный. Согласно СП 131.13330.2018 номер района по климатическому районированию-IIВ. В соответствии с СП 34.13330.2021 участок изысканий относится к II_2 дорожно-климатической зоне, по характеру степени увлажнения к II типу местности.

Данные по климату для Смоленской области (по данным СП 131.13330.2018):

Табл. 1.1

Средняя месячная и годовая температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
t, C	-9,4	-8,4	-4,0	4,4	11,6	15,7	17,1	15,9	10,4	4,5	-1,0	-5,8	4,5

Лето теплое и влажное (средняя температура июля +17 °C), зима – умеренно холодная (средняя температура января −9 °C) с устойчивым снежным покровом. В формировании местных климатических различий весьма велика роль рельефа. В понижениях рельефа обычны наиболее увлажненные и холодные почвы, интенсивнее и чаще заморозки.

Зимой наиболее низкие температуры близки к -30 °C, летом в отдельные дни температура воздуха повышается до 28 - 30 °C

Абсолютный минимум температуры воздуха, -40˚C

Абсолютный максимум температуры воздуха, +37˚C

Продолжительность безморозного периода, 148 дней

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов в пределах изучаемой территории города Вязьма, составляет:

Суглинки и глины	Песок мелкий, супесь	Песок крупный, гравелистый	Крупно обломочные грунты
1.24 м	1.51 м	1.62 м	1.83 м

Максимальная глубина сезонного промерзания почвы составляет 1,08 м согласно данным Смоленского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Центральное УГМС».

Табл. 1.2

Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
°С	7,3 28	8,3 26,3	8,6 23,6	9,9 23,4	12,4 22,4	12,7 23,5	12,4 25,3	12,1 24,4	10,7 26,1	7,3 21	5,4 17,2	5,7 22,2	7,3 28

Амплитуда температуры средняя по месяцам (числитель), максимальная по месяцам (знаменатель)

Табл. 1.3

Среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
гПа	3,0	3,1	4,1	6,5	9,7	12,9	14,9	14,2	10,7	7,5	5,5	4,0	8,0

Табл. 1.4

Климатические параметры теплого периода года

Республика, край, область, пункт	Барометрическое давление, гПа	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,95	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98	Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С	Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	Количество осадков за [illegible], мм	Суточный максимум осадков, мм	Преобладающее направление ветра за июнь - август	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вязьма	985	19,4	23,7	21,8	36	10,1	76	60	454	69	3	-

Табл.1.5

Климатические параметры холодного периода года

Республика, край, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Продолжительность, суток, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь - март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С
							≤ 0 °С		≤ 8 °С		≤ 10 °С								
	0,98	0,92	0,98	0,92			продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вилюй	-35	-32	-29	-27	-15	-43	145	-6,1	217	-2,8	236	-1,8	6,3	87	86	284	ЮВ	-	4,4

Табл. 1.6

Среднее количество осадков

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
q, мм	44	41	43	43	54	70	95	82	57	56	55	51	691

Табл. 1.7

Снежная декадная высота снежного покрова

Месяц	X			XI			XII			I			II			III			IV			V		
Декады	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
НП, см	.	.	.	.	.	2	4	7	10	11	16	18	21	23	24	26	27	26	18	7	.	.	.	.

Минимум осадков приходится на январь или февраль, реже март (33 - 43 мм). Наибольшее количество осадков выпадает в июне (83 - 101 мм). Среднегодовое количество дней с осадками от 170 до 190. В теплую часть года преобладают дожди средней интенсивности, хорошо увлажняющие почву. Ливневые дожди нередко сопровождаются грозами. В среднем за теплый период бывает 19-24 дней с грозой и около двух дней с градом.

Две трети годовой суммы осадков выпадают в виде дождя, одна треть в виде снега. Осадки в виде снега выпадают обычно с ноября по март. Период с устойчивым снежным покровом длится 130 -140 дней.

Средняя дата появления снегового покрова –25. X

Средняя дата схода снегового покрова –11. IV

Среднее число дней с метелью- 14

Среднее число дней с гололёдом- 18

Согласно картам районирования территории РФ по климатическим характеристикам приложения Ж СП 20.13330.2011 объект работ относится:

к району III –по расчетному значению веса снегового покрова земли (карта N1).

Расчетное значение веса снегового покрова Sg на 1м2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое по таблице 10.1 СП 20.13330.2011 составляет 1.8 кПа (180 кгс/м2).

к району III –по толщине стенки гололеда (карта N4).

Нормативная толщина стенки гололеда над поверхностью земли, принимаемая по таблице 12.1 СП 20.13330.2011, составляет 10 мм.

району I –по давлению ветра (карта N3).

Нормативное значение ветрового давления W0, принимаемое по таблице 11.1 СП 20.13330.2011, составляет 0.23кПа (23 кгс/м2).

Относительная влажность воздуха в зимние месяцы достигает максимума 75 - 90%. Весной она снижается до 65 -70%. В среднем за год она равна 79 - 82%. Погода почти всегда облачная. В среднем за год покрытие неба облаками составляет 7 балов. Максимум облачности - в декабре, минимум - в мае.

Из неблагоприятных явлений природы наиболее часты туманы и сильные ливни. В среднем за месяц бывает 2 - 4 дня со сплошным туманом (видимость менее 1 км).

Табл. 1.8

Скорость ветра

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
м/с	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	2.0	2.1	2.6	2.9	3.1	2.6

Ветровой режим отличается преобладанием северо-западных направлений ветра в теплый период и южным в холодный период года.

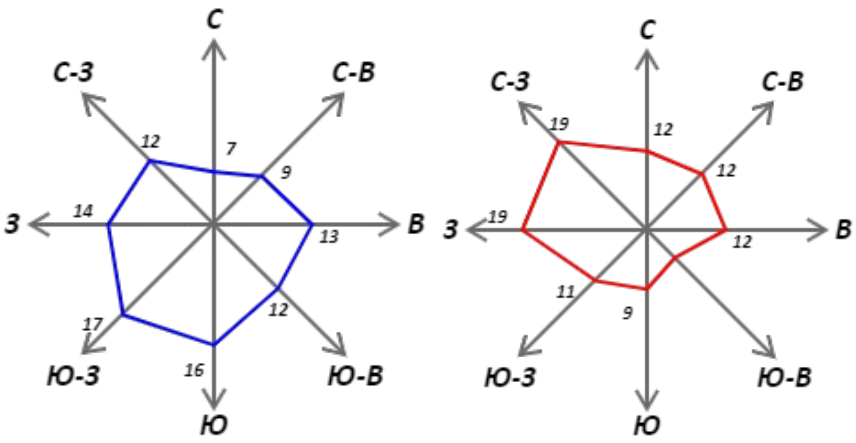
Табл. 1.9

Повторяемость различных направлений ветра, %

Направление	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
С	7	8	6	9	12	12	12	11	11	7	7	7	9
СВ	9	6	5	8	10	8	12	8	7	4	4	5	6
В	13	15	17	19	16	14	12	14	13	9	11	11	13
ЮВ	12	11	12	14	10	7	7	7	9	11	12	11	11
Ю	16	16	18	14	14	11	9	11	15	18	22	18	15
ЮЗ	17	14	13	10	9	11	11	11	13	17	16	17	14
З	14	19	18	15	16	19	19	23	19	21	18	19	19
СЗ	12	11	11	11	14	18	19	15	13	13	10	12	13
штиль	7	5	6	7	10	10	12	14	11	8	5	5	8

Рисунок 1.1

Роза ветров



Январь Июль

1.2 Инженерно-геологические изыскания, тектоника, сейсмика

В геоморфологическом отношении участок приурочен к Смоленско-Московской возвышенности**.**

Тектоническое строение района определяется его положением на северо-западном склоне Русской платформы. Тектоническое строение района определяется его расположением в пределах Московской синеклизы.

На исследуемой территории, как и на всей Русской платформе, чётко выделяется два структурных этажа:

1) докембрийский кристаллический фундамент, сложенный резко дислоцированными и смятыми в складки метаморфическими и изверженными породами;

2) платформенный чехол, представленный отложениями верхнего протерозоя, палеозоя и мезо-кайнозоя, залегающими почти горизонтально с резким угловым несогласием на породах фундамента.

В четвертичное время исследуемая территория, как и вся Русская платформа, испытывает неравномерные во времени и дифференцированные неотектонические движения, которые принимали непосредственное участие в создании современного рельефа и являются одним из основных рельефообразующих факторов. Молодые тектонические движения обусловлены предыдущей геологической историей, и план проявления этих движений унаследует в общих чертах структурный план фундамента. Опусканиям фундамента отвечают зоны преобладающей аккумуляции, выраженные в рельефе низменности, расширение пойм рек, блуждание русла в заболоченных расширениях пойм.

В целом исследуемый участок принадлежит к области, испытывающей в настоящее время слабые положительные движения, которые не будут оказывать существенного влияния на проектируемое сооружение.

Смоленская область	Карты ОСР-97		
Степень сейсмической опасности	**A**	**B**	**C**
Сейсмическая интенсивность, баллы MSK-64	**5**	**5**	**5**

Расчётная сейсмическая интенсивность в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и трёх степеней сейсмической опасности – А (10%), В (5%), С (1%) (СНиП II-7-81*) в течение 50 лет составляет:

Примечание: карта А (массовое строительство); карта В (объекты повышенной ответственности); карта С (особо ответственные объекты).

Сейсмичность участка строительства оценивается в 5 баллов.

1.3 Геологическое строение

В геологическом строение участка работ, принимают участие озово-камовые отложения верхнемосковского горизонта четвертичной системы, которые залегают в виде прерывистой гряды.

Отложения московской морены представлены конечно-моренными образованиями, сложенными светло-серыми разнозернистыми песками с гравийно-галечным материалом и валунами.

1.4 Рельеф

В орфографическом отношении территория расположена на южном склоне Смоленско-Московской возвышенности, на Гжатско-Можайских грядах, являющихся областью аккумуляции московского ледника. На общем полого-волнистом фоне с абсолютными отметками 120-220 м территория сложена овражно-балочной и речной сетью. Это области развития конечных морен московского ледника, к которым приурочены наиболее возвышенные участки.

1.5 Экономика и промышленность Смоленской области

Промышленный комплекс является основой экономики Смоленской области и во многом определяет экономическое состояние региона.

На промышленных предприятия, которые входят в состав Смоленского регионального объединения работодателей «Научно-промышленный союз» работает более 20% всего трудоспособного населения нашей области. Это крупные и средние промышленные предприятия, значимые не только для экономики области, но и для экономики России: ОАО «ПО «Кристалл», АО НПП «Измеритель», ФГУП «ПО «Аналитприбор», ОАО «Смоленский завод радиодеталей», АО «Сафоновский завод «Гидрометприбор», ОАО «Смоленский авиационный завод», ОАО «Завод КДМ им. М.И. Калинина», ООО «Русэлпром» - «Сафоновский электромашиностроительный завод», ОАО «Издательство «Высшая школа» филиал «Смоленский полиграфический комбинат», ООО «Смоленский электротехнический завод», ООО «Промконсервы» г. Рудня, ООО «Гагаринский консервный завод», ОАО «Телоконтроль» г. Сафоново, ООО «Конкорд», ОАО «Вяземский домостроительный комбинат» и мн. др.

Основу составляют: электроэнергетика, машиностроение, ювелирная, пищевая, химическая промышленность, строительство, предоставление услуг связи. На долю этих отраслей приходится более 60% всего промышленного производства области.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Современная автомобильная дорога должна обеспечивать удобное, безопасное и экономичное движение автомобилей и в тоже время обладать высокими эстетическими качествами. Обеспечение этих требований достигается путем выполнения принципов ландшафтного проектирования и требований СП 34.13330.2021.

В соответствии с заданием на карте в масштабе 1:25000 запроектированы 2 варианта трассы между заданными точками. При нанесении вариантов трасс учитывались требования СП 34.13330.2021. для II технической категории. Радиусы кривых в плане принимаем не менее 800м, продольные уклоны- не более 40%

I вариант трассы имеет общее направление на юго-запад. Длинна трассы составляет 9228,64 м; Трасса имеет 3 угла поворота, в углы поворота вписаны круговые кривые.

II вариант трассы имеет общее направление на юго-запад. Длинна трассы составляет 9307,62 м; Трасса имеет 4 угла поворота, в углы поворота вписаны круговые кривые.

Расстояние по воздушной линии L=8631,15м.

Коэффициент удлинения трассы для I варианта $K_o = \frac{9228,64}{8631,15} = 1,069$

Коэффициент удлинения трассы для II варианта $K_o = \frac{9307,62}{8631,15} = 1,078$

Таблица 2.1

Сравнение эксплуатационно-технических показателей вариантов трассы

№	Показатели	Вариант №1	Вариант №2	Преимущество	
				Вариант №1	Вариант №2
1	Длина трассы, км	9,228	9,307	+	-
2	Коэффициент удлинения трассы	1,069	1,078	+	-
3	Величина наибольшего угла поворота, град.	57	58	+	-
4	Количество углов поворота, шт.	3	4	+	-
5	Минимальный радиус кривой в плане, м.	1092	540	+	-
6	Протяженность участков, проходящих в лесу, км	-	-	=	=
7	Количество путепроводов	1	1	=	=
8	Количество мостов	1	1	=	=
9	Кол-во труб	6	5	-	+

Из сравнения эксплуатационно-технических показателей вариантов трассы (таблица 2.1) видно, что целесообразно проектировать трассу по I варианту.

В результате проектирования плана трассы была составлена ведомость углов поворота, прямых и кривых (приложение А)

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Проектирование продольного профиля выполнено из расчета соблюдения минимально допустимых нормативов в соответствии с требованиями СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги» для автомобильных дорог общего пользования, отнесенных к II технической категории с 2 полосами движения расположенной в пересеченной местности, исходя из максимально допустимой скорости движения на участке.

Минимально допустимая расчетная скорость движения- 120км/час.

Основным условием создания проектной линии является обеспечение безопасных условий движения при расчетной скорости и из условия выполнения минимального объема земляных работ. При соблюдении требований безопасности движения (минимально допустимых радиусов вертикальных кривых и максимальных уклонов проезжей части).

При проектировании продольного профиля автодороги были использованы нормативы для II технической категории (по СП 34.13330.2021)

-минимальный радиус выпуклости кривых: R= 15000м;

-минимальный радиус вогнутых кривых: R= 5000м;

-максимальный продольный уклон: i_{max} =40‰;

-наименьшее расстояние видимости, м:

для остановки 250м

встречного автомобиля 450м

при обгоне 800м

Для проектирования продольного профиля необходимо вычислить руководящую отметку, зависящую от типа грунта и типа местности по увлажнению:

$$h_{рук} = h_{д.о.} + \frac{b}{2} * i_{пр.ч} + h_{доп.увл.} \qquad (3.1)$$

Где $h_{д.о.}$ - *толщина дорожной одежды, м;*

b- ширина проезжей части, м;

$i_{пр.ч}$ -уклон проезжей части, в тысячных.

$h_{доп.увл.}$ - отметка в соответствии с таб.7.2 СП34.13330.2021

$$h_{рук} = 0,97 + \frac{7,5}{2} * 0,02 + 0,9 = 1,95\ м$$

Далее необходимо посчитать руководящую отметку на незаносимость дороги снегом.

$$h_{рук}^{сн} = H_{сн} + h_{бр} + c * i_{об} + b/2\, i_{пр.ч} \qquad (3.2)$$

Где $H_{сн}$ -высота снежного покрова;

$h_{бр}$ -минимальное возвышение бровки насыпи над уровнем снегового покрова;

c -ширина обочины

$i_{об}$ -уклон обочины в тысячных

$$h_{рук}^{сн} = 0,27 + 0,7 + 2,25 * 0,04 + \frac{7,5}{2} * 0,02 = 1,14\ м$$

Сравнивая $h_{рук}$ и $h_{рук}^{сн}$ к расчету, принимаем с большей величиной

$h_{рук} = 1,95\ м$.

Проектирование продольного профиля заключается в установлении положения поверхности покрытия по оси дороги относительно поверхности земли. Проектную линию наносим сопрягающими прямыми участками с продольными уклонами, на превышающими принятых для проектирования, в этом случае проектная линия получится в виде ломанной, в переломы которой вписываются переходные кривые.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В соответствии на проектирование по категории дороги, геометрические параметры земляного полотна приняты по нормативам для дорог II технической категории.

Верх земляного полотна запроектирован из условия размещения

- проезжей части 3,75 м.
- обочины шириной 3,5 м.
- общая ширина земляного полотна по верху составляет 14,5 м.

Основные параметры верха земляного полотна приняты в соответствии с требованиями СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги».

Поперечные профили земляного полотна разработаны согласно типовым материалам для проектирования серии 503-0-48.87 «Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования». Откосы земляного полотна на участке реконструкции дороги устраиваются:

при высоте насыпи до 3,0 м с заложением 1:4,0;

при высоте насыпи от 3,0 до 6,0 м с заложением 1:1,5;

при высоте насыпи от 6,0 до 12,0 м с заложением 1:1,5-1:75;

при глубине выемки до 12 м с заложением 1:1,5%;

При прохождении земляного полотна в выемке устраиваются кюветы глубиной 0,4 м от низа подстилающего слоя дорожной одежды.

При расположении дороги в глубокой двухсторонней дополнительно устраиваются закюветные полки шириной 4,0 м, на уровне бровки обочины.

Поперечный уклон проезжей части на прямолинейных участках дороги составляет 0,020 от оси к обочине и на укрепленной по типу основной проезжей части, полосе обочины.

Неукрепленная часть обочины шириной 2,25 м, имеет уклон 0,040 в сторону откоса земляного полотна.

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Всего было рассмотрено два варианта конструкции дорожной одежды. Расчет конструкции был выполнен в соответствии с действующим нормативным документом ОДН 218.046-01.

5.1 расчет дорожной одежды в соответствии с ОДН 218.046-01: Вариант I

Исходные данные для расчета дорожной одежды

- Район строительства – г. Вязьма, II_2 ДКЗ;
- Техническая категория проектируемой дороги- II;
- Тип дорожной одежды- капитальный;
- УГВ=2,5 м
- Группа расчётной нагрузки –$А_2$
- Заданная надежность-$K_н$=0,95
- Грунт рабочего слоя – супесь легкая.

Таблица 5.1.1

Конструкция дорожной одежды: Вариант I

Материал слоя	Толщина слоя, см
ЩМА на БНД 60/90	5
М/З плотный А/Б на БНД 60/90	6
К/З плотный А/Б на БНД 60/90	8
Щебень чёрный	20
ЩПС4	25
Песок сред.	30
Супесь легкая	-

Определение суммарного расчетного количества приложений расчетной нагрузки за срок службы

- Нормативная статическая нагрузка $Q_{осевая}$=115 кН, $Q_{расч.}$=57,5 кН
- Расчётное давление в шине p=0,6 МПа
- Диаметр колеса при динамической нагрузке D=39 см, диаметр колеса при статической нагрузке 35 см
- Срок службы дорожной одежды -24 года.

Состав транспортного потока приведен в таблице 5.1.2

Таблица 5.1.2

Состав транспортного потока

Легковые грузовые автомобили (от 1 до 2т)	2825 авт./сут.
Средние грузовые автомобили (от 2 до 5т)	226 авт./сут.
Тяжелые грузовые автомобили (от 5 до 8т)	1187 авт./сут.
Очень тяжелые грузовые автомобили (более 8т)	508 авт./сут.
Автобусы	622 авт./сут.
Тягачи с прицепами	282 авт./сут.

Приведенная к расчетному автомобилю интенсивность движения на последний год службы определяется по формуле 3.5 ОДН 218.046-01:

$$N_p = f_{пол} * \sum N_{mm=1}^{n} * S_m = 0,55 * 2383,57 = 1311 \ \ авт./сут. \qquad (5.1)$$

Где $f_{пол}$-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 m-й марки;

S_m-суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m-й марки к расчетной нагрузке $Q_{рас}$.

Результаты расчёта приведены в таблице 5.1.3

Таблица 5.1.3

Результаты расчета приведения транспортного потока к расчетной нагрузке

Тип автомобиля	S_m	N_m	Приведенное значение
Легковые грузовые автомобили (от 1 до 2т)	0,005	2825	14,075
Средние грузовые автомобили (от 2 до 5т)	0,2	226	45,2
Тяжелые грузовые автомобили (от 5 до 8т)	0,7	1187	830,9
Очень тяжелые грузовые автомобили (более 8т)	1,25	508	635
Автобусы	0,7	622	435,4
Тягачи с прицепами	1,5	282	423

Итого приведенная интенсивность без учета коэффициента полосности составила 2383,57 авт./сут.

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы:

$$\Sigma N_p = 0{,}7\, N_p \frac{K_c}{q^{T_{сл}-1}} T_{рдг} k_n \qquad (5.2)$$

N_p – ежедневная интенсивность движения, по заданию – 1311;

q = 1,02 –показатель изменения количества автомобилей по годам;

K_c – коэффициент суммирования:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}}-1}{q-1} \qquad (5.3)$$

$T_{сл}$ = 24 – расчётный срок службы;

$T_{рдг}$ = 125 – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

k_n= 1,49 – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого.

Таким образом:

$$\Sigma N_p = 0{,}7 \cdot 1311 \cdot \frac{30{,}42}{1{,}02^{24-1}} \cdot 125 \cdot 1{,}49 \approx 3297250 \text{ авт.}$$

при $K_c = \frac{1{,}02^{24} - 1}{1{,}02 - 1} = 30{,}42$

Определение расчетных параметров грунтов и материалов конструктивных слоев

Предварительно назначаем конструкцию и расчетные значения её элементов:

— для расчета по допускаемому упругому прогибу

— для расчета по условию сдвигоустойчивости

—для расчета на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Таблица 5.1.4 Конструкция и расчетные характеристики слоев дорожной одежды

Элемент ДО	Толщина слоёв h, см	Расчет упругому прогибу при +10˚С, Е, МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости, Е, МПа	Расчёт на растяжение при изгибе			
				Е, МПа	Ro	М	α
ЩМА на БНД 70/100	5	4900	2800	6800	9,8	5,5	5,2
М/З плотный А/Б на БНД 60/90	6	3200	1800	4500	9,8	5,5	5,2
К/З пористый А/Б на БНД 60/90	8	2000	1200	2800	8,0	4,3	5,9
Щебень чёрный	20	600	600	600	-	-	-
ЩПС4	25	275	275	275	-	-	-
Песок сред.	30	120	120	120	-	-	-
Супесь легкая	-	55,4	55,4	55,4	-	-	-

$h_{общ} = 94\,см.$

Расчётная влажность дисперсного грунта при толщине ДО Z≥0,75 м:

$$W_p = (\overline{W}_{табл} + \Delta_1 \overline{W} - \Delta_2 \overline{W})(1 + \nu_r t) - \Delta_3 \quad (5.4)$$

где $\overline{W}_{табл}$ – среднее многолетнее значение относительной (в долях от границы текучести) влажности грунта, наблюдавшееся в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, отвечающего нормам СНиП по возвышению над источниками увлажнения, на дорогах с усовершенствованными покрытиями и традиционными основаниями дорожных одежд (щебень, гравий и т.п) определяемое по таблице в зависимости от дорожно-климатической зоны и подзоны схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта; для супеси легкой– 0,60;

$\Delta_1 \overline{W}$ – поправка на особенности рельефа территории, для равнинной местности – 0,0;

$\Delta_2 \overline{W}$ – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин – 0,08;

Δ_3 – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды, равен – 0,0;

t – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности, 1,71;

ν_r – коэффициент вариации 0,1;

Тогда:

$$W_p = (0{,}60 + 0 - 0{,}08)(1 + 0{,}1 \cdot 1{,}71) - 0 = 0{,}61$$

При относительной влажности $W_р$=0,61 супесь легкая имеет следующие расчётные характеристики:

– нормативный модуль упругости Е=55,4 МПа

– Угол внутреннего трения при статической нагрузке $\phi_{ст}$=36˚, при динамической нагрузке $\phi_д$=12˚

– сцепление при статической нагрузке $с_{ст}$=0,014 МПа, при динамической нагрузке $с_д$=0,005 МПа

Расчет дорожной одежды по допустимому упругому прогибу

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$E_{общ} > E_{тр} K_{пр}^{тр}$

где $E_{об}$ - общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{min} - минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

$K_{пр}^{тр}$ - требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле:

$E_{тр} = 98{,}65\ [lg(SN_p) - c]$, (МПа) (5.5)

где ΣN_p - суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды;

c - эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 115 кН.

Расчет

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме (приложение Б):

1) $\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_{гр}}{E_П} = \frac{55{,}4}{120} = 0{,}46$

$\frac{h_П}{D} = \frac{30}{39} = 0{,}769$

$\frac{E_П^{общ}}{E_П} = 0{,}68$ — отсюда следует $E_П^{общ} = 0{,}68 \cdot 120 = 81{,}6$ МПа

2) $\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_П^{общ}}{E_{ЩПС\,4}} = \frac{81{,}6}{275} = 0{,}297$

$$\frac{h_{ЩПС4}}{D}=\frac{25}{39}=0{,}64$$

$\frac{E^{общ}_{ЩПС4}}{E_{ЩПС4}}=0{,}52$ — отсюда следует $E^{общ}_{ЩПС4}=0{,}52\cdot 275=143$ МПа

3) $\frac{E_н}{E_в}=\frac{E^{общ}_{ЩПС4}}{E_{Щч}}=\frac{143}{600}=0{,}24$

$$\frac{h_{Щч}}{D}=\frac{20}{39}=0{,}51$$

$\frac{E^{общ}_{Щч}}{E_{Щч}}=0{,}41$ — отсюда следует $E^{общ}_{Щч}=0{,}41\cdot 600=246$ МПа

4) $\frac{E_н}{E_в}=\frac{E^{общ}_{Щч}}{E_{А/б,к/з}}=\frac{246}{2000}=0{,}123$

$$\frac{h_{А/б,к/з}}{D}=\frac{8}{39}=0{,}2$$

$\frac{E^{общ}_{А/б,к/з}}{E_{А/б,к/з}}=0{,}16$ — отсюда следует $E^{общ}_{А/б,к/з}=0{,}16\cdot 2000=320$ МПа

5) $\frac{E_н}{E_в}=\frac{E^{общ}_{А/б,к/з}}{E_{А/б,м/з}}=\frac{320}{3200}=0{,}1$

$$\frac{h_{А/б,м/з}}{D}=\frac{6}{39}=0{,}15$$

$\frac{E^{общ}_{А/б,м/з}}{E_{А/б,м/з}}=0{,}13$ — отсюда следует $E_{общ}=0{,}13\cdot 3200=416$ МПа

6) $\frac{E_н}{E_в}=\frac{E^{общ}_{\frac{А}{б},\frac{м}{з}}}{E_{щма}}=\frac{416}{4900}=0{,}8$

$$\frac{h_{щма}}{D}=\frac{5}{39}=0.13$$

$\frac{E^{общ}_{щма}}{E_{щма}}=0{,}11$ — отсюда следует $E_{общ}=0{,}11\cdot 4900=539$ МПа

Схема конструкции приведена ниже:

$E_6=539\ \ МПа$
$E_5=416\ \ МПа$
$E_4=320\ \ МПа$
$E_3=246\ \ МПа$

$E_2 = 143 \ \ МПа$
$E_1 = 81,6 \ \ МПа$

Общий расчетный модуль конструкции $E_{об}$ равен 539 МПа.

Требуемый модуль упругости определяем по формуле:

$E_{тр} = 98,65[lg(SN_р) - c] = 98,65[lg\ 3297250 - 3,2] = 327$ Мпа

Требуемая прочность при упругом прогибе из условия:

$E_{тр} \cdot K_{тр} = 327 \cdot 1,2 = 392,4$ МПа

Фактический коэффициент прогиба: $\frac{E_{общ}}{E_{тр}} = \frac{539}{392,4} = 1,37$

Значит $E_{общ} > E_{тр}K_{тр}$

Следовательно, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу.

<u>Расчёт дорожной одежды по растяжению на изгибе монолитных слоёв</u>

Основное условие расчёта:

σ_r ¿¿

σ_r – расчетное растягивающее напряжение:

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot k_p \qquad (5.6)$$

$\overline{\sigma}_r$ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки

p – расчётное давление в шине – 0,6 МПа

k_p – коэффициент, учитывающий работу колеса, при спаренном двубалонном колесе $k_р$=0,85

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений:

$$R_N = Rok_1k_2(1- \nu_R \cdot t) \qquad (5.7)$$

Ro – нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе;

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

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}} \quad (5.8)$$

где ΣN_p - расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия;

m - показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя;

a - коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой.

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

Расчет

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели - часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т.е. щебеночное основание и грунт рабочего слоя. Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме:

$E_{осн} = E_{Щч}^{общ} = 246$ МПа

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный:

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i \quad (5.9)$$

где n - число слоев дорожной одежды;

E_i - модуль упругости i-го слоя;

h_i - толщина i-го слоя.

Т. к. модуль упругости слоёв покрытия равен 6800/4500/2800 МПа, то принимается средний $E_в$=4390 МПа с общей толщиной $h_в$=19 см.

По отношениям $\frac{h}{D}=\frac{19}{39}=0,49$ и $\frac{E_1}{E_{осн}^{общ}}=\frac{4390}{246}=17,84$ по номограмме (приложение Б) методом интерполяции определяем $\overline{\sigma_r}$ = 1,60.

Вычисляем расчетное растягивающее напряжение:

σ_r = 1,60·0,6·0,85 = 0,82МПа

Вычисляем предельное растягивающее напряжение:

при $k_1=\frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}}=\frac{5,9}{\sqrt[4,3]{3297250}}=0,18$

R_N=Rok$_1$k$_2$(1- ν_R·t) = 8,0·0,18·0,8·(1-0,1·1,71)=0,95 МПа

Фактический $К_{изг}$ = $\frac{R_N}{\sigma_r}$=1,16, что больше, чем $K_{изг}^{тр}$ = 1,0

Следовательно, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности при растяжении при изгибе.

<u>Расчет по условию сдвигоустойчивости в грунте рабочего слоя</u>

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели – песчаное основание и грунт рабочего слоя. Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме (приложение Б).

Расчёт на динамическую нагрузку: $\frac{h_в}{D}=\frac{94}{39}=2,41$

$$E_в=\sum_{i=1}^{n}E_i h_i/\sum_{i=1}^{n}h_i=\frac{5*2800+6\cdot1800+8\cdot1200+20\cdot600+25\cdot275+30\cdot120}{94}=605 \text{ МПа}$$

(5.10)

По отношениям $\frac{E_B}{Eн}=\frac{605}{36,8}=16,4$ и $\frac{h_в}{D}=2,41$ и при $\phi_д$=12˚ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки:

$\overline{\tau_н}$ = 0,0128 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига: $T=\overline{\tau_н}\cdot p=0,0128\cdot0,6=0,008$

(5.11)

Предел активного напряжения сдвига:

$T_{пр}^{гр}$ = $k_д(c_N$+ 0,1$\gamma_{ср}z_{оп}tg\phi_{СТ})$= (0,005+0,1·0,002·94·tg36°) = 0,0185МПа

(5.12)

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T_{пр}^{гр}}{T^{гр}} = \frac{0,0185}{0,008} = 2,3$ (5.13)

$0,008 < \frac{0,0185}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T_{пр}^{гр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, грунт рабочего слоя удовлетворяет условию прочности по сдвигу от динамических нагрузок.

Расчёт на статическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{94}{35} = 2,68$

Модуль упругости а/б слоёв определяем по таблице.

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{5*420 + 6 \cdot 420 + 8 \cdot 320 + 20 \cdot 600 + 25 \cdot 275 + 30 \cdot 120}{94} = 315 \text{ МПа}$$

По отношениям $\frac{E_B}{Eн} = \frac{315}{36,8} = 8,56$ и $\frac{h_в}{D} = 2,68$ и при $\phi_{ст}=36^{\circ}$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,0011 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига:

$$T^{гр} = \overline{\tau_н} \cdot p = 0,0011 \cdot 0,6 = 0,0066 \ \ МПа$$

Предел активного напряжения сдвига:

$T_{пр}^{гр} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} \cdot z_{оп} \cdot tg\phi_{СТ}) = 1 \cdot (0,0014 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 94 \cdot \text{tg}36^{\circ}) = 0,0149$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T_{пр}^{гр}}{T^{гр}} = \frac{0,0149}{0,0066} = 2,25$

$0,0066 < \frac{0,0149}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T_{пр}^{гр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, грунт рабочего слоя удовлетворяет условию прочности по сдвигу от статических нагрузок.

<u>Расчет по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания</u>

Расчёт на динамическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{64}{39} = 1,64$

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{5*2800 + 6 \cdot 1800 + 8 \cdot 1200 + 20 \cdot 600 + 25 \cdot 275}{64} = 832 \text{ МПа}$$

(5.14)

По отношениям $\frac{E_B}{Eн}=\frac{832}{68,4}=12,2$ и $\frac{h_в}{D}=1,64$ и при $\phi_д=26^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,0136 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига:

$T^П=\overline{\tau_н}\cdot p=0,0136\cdot 0,6=0,0082$

Предел активного напряжения сдвига:

$T^П_{пр} = k_д(c_N+ 0,1\gamma_{ср}z_{оп}tg\phi_{СТ}) = 2\cdot (0,002+0,1\cdot 0,002\cdot 64\cdot \text{tg}33°) = 0,021$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T^П_{пр}}{T^П}=\frac{0,021}{0,0082}=2,56$

$0,0082<\frac{0,021}{1}$ => Выполняется условие $T<\frac{T^{гр}_{пр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, песчаный слой удовлетворяет условию прочности по сдвигу от динамических нагрузок.

Расчёт на статическую нагрузку: $\frac{h_в}{D}=\frac{64}{35}=1,83$

Модуль упругости а/б слоёв определяем по таблице.

$E_в=\sum_{i=1}^{n}E_i h_i/\sum_{i=1}^{n}h_i=\frac{5*420+6\cdot 420+8\cdot 320+20\cdot 600+25\cdot 275}{64}=407$ МПа

По отношениям $\frac{E_B}{Eн}=\frac{416}{68,4}=6,1$ и $\frac{h_в}{D}=1,83$ и при $\phi_{ст}=33^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,0148 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига: $T^П=\overline{\tau_н}\cdot p=0,0148\cdot 0,6=0,0089$

Предел активного напряжения сдвига:

$T^П_{пр} = k_д(c_N+ 0,1\gamma_{ср}\cdot z_{оп}\cdot tg\phi_{СТ}) = 2\cdot (0,005+0,1\cdot 0,002\cdot 64\cdot \text{tg}33°) = 0,027$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T^П_{пр}}{T^П}=\frac{0,027}{0,0089}=3,03$

$0,0089<\frac{0,027}{1}$ => Выполняется условие $T<\frac{T^{гр}_{пр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, песчаный слой удовлетворяет условию прочности по сдвигу от статических нагрузок.

Вывод: выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности.

Проверка дорожной одежды на морозоустойчивость

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$l_{пуч} \leq l_{доп}$

где $l_{пуч}$ - расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;

$l_{доп}$ - допускаемое для данной конструкции пучение грунта – 4 см. При предварительной проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения следует определять по формуле:

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл} \quad (5.15)$$

где $l_{пуч\ ср}$ - величина морозного пучения при осредненных условиях, в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости и глубины промерзания ($z_{пр}$);

$K_{УГВ}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод ($H_у$); $K_{пл}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя;

$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки;

$K_{нагр}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания;

$K_{вл}$ - коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта.

Расчёт

По карте находим среднюю глубину промерзания $z_{пр(ср)}$ для условий г. Вязьма и по формуле определяем глубину промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ при отсутствии натурных наблюдений:

$$z_{пр} = z_{пр(ср)} \cdot 1{,}38 = 1{,}51 \cdot 1{,}38 = 2{,}08 \text{ м} \qquad (5.16)$$

При глубине промерзания $z_{пр}$ от 2,0 до 3,0 м $l_{пуч\ ср}$ вычисляют по формуле:

$$l_{пуч\ ср} = l_{пуч\ ср\ 2{,}0} \cdot [a + b\ (z_{пр} - c)] = 3{,}9(1{,}0+0{,}16(2{,}08-2{,}0)) = 3{,}95 \text{ см} \qquad (5.17)$$

где $l_{пуч\ \ ср\ \ 2{,}0}$ = 3,9 см – величина морозного пучения при $z_{пр}$ = 2,0 м, выбираем кривую III, т.к. она соответствует группе грунта по пучинистости согласно табл.

a = 1,0; b = 0,16; c = 2,0 при $2{,}0 < z_{пр} < 2{,}5$

По таблицам и графикам находим коэффициенты:

- $K_{УГВ} = 0{,}54$
- $K_{пл} = 1{,}2$
- $K_{гр} = 1{,}1$
- $K_{нагр} = 0{,}83$
- $K_{вл} = 1{,}1$

По формуле 4.2 находим величину пучения для данной конструкции:

$$l_{пуч} = l_{пуч(ср)} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{гр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл} = 3{,}95 \cdot 0{,}54 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}1 = 2{,}57 \text{ см}$$

Условие $l_{пуч} \le l_{доп}$ выполняется: $2{,}57 \le 4$

По формуле определяем величину морозного пучения для осредненных условий:

$$l_{пуч} = l_{(доп)} / (K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{гр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл}) = 4/(0{,}54 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}1) = 6{,}15 \text{см}$$

По номограмме, в соответствии с группой грунта по степени пучинистости (III), определяем требуемую толщину дорожной одежды $h_{д.о.\ треб}$, равную 59см.

Фактическая толщина дорожной одежды $h_{д.о.\ факт}$ равна 94см, обеспечен запас 35см.

Вывод: выбранная конструкция обеспечивает морозоустойчивость.

Сводная таблица результатов расчета

Таблица 5.1.5

Требуемые и фактические коэффициенты прочности по всем критериям

Коэффициент прочности	Критерии прочности при расчете по					
	Допустимому упругому прогибу	Сдвигоустойчивости при нагрузке				Растяжению при изгибе в монолитных слоях
		динамической		статической		
		грунт	песок	грунт	песок	
Требуемый	≥ 1,2	> 1	> 1	> 1	> 1	> 1
Расчетный	1,37	2,3	2,56	2,25	3,03	1,16

5.2 расчет дорожной одежды в соответствии с ОДН 218.046-01: Вариант II

Исходные данные для расчета дорожной одежды

- Район строительства – г. Вязьма, II_2 ДКЗ;
- Техническая категория проектируемой дороги- II;
- Тип дорожной одежды- капитальный;
- УГВ=2,5 м
- Группа расчётной нагрузки –$А_2$
- Заданная надежность-$K_н$=0,95
- Грунт рабочего слоя – супесь легкая.

Таблица 5.1.1

Конструкция дорожной одежды: Вариант II

Материал слоя	Толщина слоя, см
Высокоплотный М/З А/Б на БНД 60/90	7
Пористый К/З А/Б на БНД 60/90	12
Щебень укр. битумом	19
ЩПС4	22
Песок сред.	30

Супесь легкая	-

Определение расчетных параметров грунтов и материалов конструктивных слоев

Таблица 5.1.4 Конструкция и расчетные характеристики слоев дорожной одежды

Элемент ДО	Толщина слоёв h, см	Расчет упругому прогибу при +10˚С, Е, МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости, Е, МПа	Расчёт на растяжение при изгибе			
				Е, МПа	Ro	М	α
Высокоплотный М/З А/Б на БНД 60/90	8	3200	1800	6000	9,8	5,5	5,2
Пористый К/З А/Б на БНД 60/90	14	2000	1200	2800	8,0	4,3	5,9
Щебень укр. битумом	21	450	450	450	-	-	-
ЩПС4	24	275	275	275	-	-	-
Песок сред.	30	120	120	120	-	-	-
Супесь легкая	-	55,4	55,4	55,4	-	-	-

$h_{общ} = 97\,см.$

$$W_p = (0{,}60 + 0 - 0{,}08)(1 + 0{,}1 \cdot 1{,}71) - 0 = 0{,}61$$

При относительной влажности $W_р$=0,61 супесь легкая имеет следующие расчётные характеристики:

– нормативный модуль упругости E=55,4 МПа

– Угол внутреннего трения при статической нагрузке $\phi_{ст}$=36˚, при динамической нагрузке $\phi_д$=12˚

– сцепление при статической нагрузке $c_{ст}$=0,014 МПа, при динамической нагрузке $c_д$=0,005 МПа

Расчет дорожной одежды по допустимому упругому прогибу

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$E_{общ} > E_{тр} K_{пр}^{тр}$

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле:

$E_{тр} = 98{,}65\ [lg(SN_p) - c]$, (МПа) (5.5)

где ΣN_p - суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды;

c - эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 115 кН.

Расчет

Расчет по допускаемому упругому прогибу ведем послойно, начиная с подстилающего грунта по номограмме (приложение):

1) $\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_{гр}}{E_П} = \frac{55{,}4}{120} = 0{,}46$

$\frac{h_П}{D} = \frac{30}{39} = 0{,}769$

$\frac{E_{П}^{общ}}{E_{П}} = 0{,}68$ — отсюда следует $E_{П}^{общ} = 0{,}68 \cdot 120 = 81{,}6$ МПа

2) $\frac{E_{н}}{E_{в}} = \frac{E_{П}^{общ}}{E_{ЩПС4}} = \frac{81{,}6}{275} = 0{,}297$

$\frac{h_{ЩПС4}}{D} = \frac{25}{39} = 0{,}64$

$\frac{E_{ЩПС4}^{общ}}{E_{ЩПС4}} = 0{,}52$ — отсюда следует $E_{ЩПС4}^{общ} = 0{,}52 \cdot 275 = 143$ МПа

3) $\frac{E_{н}}{E_{в}} = \frac{E_{ЩПС4}^{общ}}{E_{Щ.укр}} = \frac{143}{450} = 0{,}31$

$\frac{h_{Щ.укр}}{D} = \frac{21}{39} = 0{,}54$

$\frac{E_{Щ.укр}^{общ}}{E_{Щ.укр}} = 0{,}48$ — отсюда следует $E_{Щ.укр}^{общ} = 0{,}48 \cdot 450 = 202{,}5$ МПа

4) $\frac{E_{н}}{E_{в}} = \frac{E_{Щ.укр}^{общ}}{E_{А/б,к/з}} = \frac{202{,}5}{2000} = 0{,}1$

$\frac{h_{А/б,к/з}}{D} = \frac{14}{39} = 0.36$

$\frac{E_{А/б,к/з}^{общ}}{E_{А/б,к/з}} = 0{,}17$ — отсюда следует $E_{А/б,к/з}^{общ} = 0{,}17 \cdot 2000 = 340$ МПа

5) $\frac{E_{н}}{E_{в}} = \frac{E_{А/б,к/з}^{общ}}{E_{А/б,м/з}} = \frac{340}{3200} = 0{,}11$

$\frac{h_{А/б,м/з}}{D} = \frac{8}{39} = 0.2$

$\frac{E_{А/б,м/з}^{общ}}{E_{А/б,м/з}} = 0{,}15$ — отсюда следует $E_{общ} = 0{,}15 \cdot 3200 = 480$ МПа

Общий расчетный модуль конструкции $E_{об}$ равен 480 МПа.

Схема конструкции приведена ниже:

$E_5 = 480$ *МПа*
$E_4 = 340$ *МПа*
$E_3 = 202{,}5$ *МПа*
$E_2 = 143$ *МПа*

$$E_1 = 81{,}6 \ \ МПа$$

Требуемый модуль упругости определяем по формуле:

$E_{тр} = 98{,}65[\lg(SN_p) - c] = 98{,}65[\lg 3297250 - 3{,}2] = 327$ Мпа

Требуемая прочность при упругом прогибе из условия:

$E_{тр} \cdot K_{тр} = 327 \cdot 1{,}2 = 392{,}4$ МПа

Фактический коэффициент прогиба: $\frac{E_{общ}}{E_{тр}} = \frac{480}{392{,}4} = 1{,}22$

Значит $E_{общ} > E_{тр}K_{тр}$

Следовательно, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности по допускаемому упругому прогибу

<u>Расчёт дорожной одежды по растяжению на изгибе монолитных слоёв</u>

Основное условие расчёта:

$$\sigma_r ¿¿$$

σ_r – расчетное растягивающее напряжение:

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p \cdot k_p \qquad (5.6)$$

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений:

$$R_N = Rok_1k_2(1- \nu_R \cdot t) \qquad (5.7)$$

Ro – нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе;

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

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}} \qquad (5.8)$$

Расчет

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели - часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т.е. щебеночное основание и грунт рабочего слоя. Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме:

$E_{осн} = E_{ЩЧ}^{общ} = 202{,}5$ МПа

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный:

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i$$

(5.9)

Т. к. модуль упругости слоёв покрытия равен 6000/2800 МПа, то принимается средний $E_в$=4400 МПа с общей толщиной $h_в$=22 см.

По отношениям $\frac{h}{D} = \frac{22}{39} = 0{,}56$ и $\frac{E_1}{E_{осн}^{общ}} = \frac{4400}{202{,}5} = 21{,}73$ по номограмме (приложение Б) методом интерполяции определяем $\overline{\sigma_r} = 1{,}52$.

Вычисляем расчетное растягивающее напряжение:

$\sigma_r = 1{,}52 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}85 = 0{,}78$МПа

Вычисляем предельное растягивающее напряжение:

при $k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}} = \frac{5{,}9}{\sqrt[4{,}3]{3297250}} = 0{,}18$

$R_N = Rok_1k_2(1- \nu_R \cdot t) = 8{,}0 \cdot 0{,}18 \cdot 0{,}8 \cdot (1-0{,}1 \cdot 1{,}71) = 0{,}95$ МПа

Фактический $K_{изг} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 1{,}22$, что больше, чем $K_{изг}^{тр} = 1{,}0$

Следовательно, выбранная конструкция удовлетворяет условию прочности при растяжении при изгибе.

<u>Расчет по условию сдвигоустойчивости в грунте рабочего слоя</u>

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели – песчаное основание и грунт рабочего слоя. Модуль упругости нижнего слоя определяем по номограмме (приложение Б).

Расчёт на динамическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{97}{39} = 2{,}49$

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{8 \cdot 1800 + 14 \cdot 1200 + 21 \cdot 450 + 24 \cdot 275 + 30 \cdot 120}{97} = 524 \text{ МПа}$$

(5.10)

По отношениям $\frac{E_B}{Eн} = \frac{524}{36,8} = 14,24$ и $\frac{h_в}{D} = 2,49$ и при $\phi_д = 12^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки:

$\overline{\tau_н}$ = 0,0132 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига: $T = \overline{\tau_н} \cdot p = 0,0132 \cdot 0,6 = 0,0079$

(5.11)

Предел активного напряжения сдвига:

$T_{пр}^{гр} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} z_{оп} tg\phi_{СТ}) = (0,005 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 97 \cdot \text{tg}36°) = 0,0189$МПа

(5.12)

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T_{пр}^{гр}}{T^{гр}} = \frac{0,0189}{0,0079} = 2,4$ (5.13)

$0,0079 < \frac{0,0189}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T_{пр}^{гр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, грунт рабочего слоя удовлетворяет условию прочности по сдвигу от динамических нагрузок.

Расчёт на статическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{97}{35} = 2,77$

Модуль упругости а/б слоёв определяем по таблице.

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{8 \cdot 420 + 14 \cdot 320 + 21 \cdot 450 + 24 \cdot 275 + 30 \cdot 120}{97} = 283 \text{ МПа}$$

По отношениям $\frac{E_B}{Eн} = \frac{283}{36,8} = 7,69$ и $\frac{h_в}{D} = 2,77$ и при $\phi_{ст} = 36^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,012 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига:

$$T^{гр} = \overline{\tau_н} \cdot p = 0,0137 \cdot 0,6 = 0,0072 \ \ МПа$$

Предел активного напряжения сдвига:

$T_{пр}^{гр} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} \cdot z_{оп} \cdot tg\phi_{СТ}) = 1 \cdot (0,0014 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 97 \cdot \text{tg}36°) = 0,0153$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T_{пр}^{гр}}{T^{гр}} = \frac{0,0153}{0,0072} = 2,13$

$0,0072 < \frac{0,0153}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T_{пр}^{гр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, грунт рабочего слоя удовлетворяет условию прочности по сдвигу от статических нагрузок.

<u>Расчет по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания</u>

Расчёт на динамическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{67}{39} = 1,72$

$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{8 \cdot 1800 + 14 \cdot 1200 + 21 \cdot 450 + 24 \cdot 275}{67} = 705$ МПа

По отношениям $\frac{E_В}{Eн} = \frac{705}{68,4} = 10,3$ и $\frac{h_в}{D} = 1,72$ и при $\phi_д = 26^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,0135 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига:

$T^{П} = \overline{\tau_н} \cdot p = 0,0135 \cdot 0,6 = 0,0081$

Предел активного напряжения сдвига:

$T_{пр}^{П} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} z_{оп} tg\phi_{СТ}) = 2 \cdot (0,002 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 67 \cdot \text{tg}33^\circ) = 0,021$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T_{пр}^{П}}{T^{П}} = \frac{0,021}{0,0081} = 2,64$

$0,0081 < \frac{0,021}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T_{пр}^{гр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, песчаный слой удовлетворяет условию прочности по сдвигу от динамических нагрузок.

Расчёт на статическую нагрузку: $\frac{h_в}{D} = \frac{67}{35} = 1,91$

Модуль упругости а/б слоёв определяем по таблице.

$$E_в = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{8 \cdot 420 + 14 \cdot 320 + 21 \cdot 450 + 24 \cdot 275}{67} = 356 \text{ МПа}$$

По отношениям $\frac{E_B}{Eн} = \frac{356}{68,4} = 5,2$ и $\frac{h_в}{D} = 1,91$ и при $\phi_{ст}=33^\circ$ с помощью номограммы находим удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки: $\overline{\tau_н}$ = 0,0153 МПа

Расчетное активное напряжение сдвига: $T^П = \overline{\tau_н} \cdot p = 0,0153 \cdot 0,6 = 0,0092$

Предел активного напряжения сдвига:

$T^П_{пр} = k_д(c_N + 0,1\gamma_{ср} \cdot z_{оп} \cdot tg\phi_{CT}) = 2 \cdot (0,005+0,1 \cdot 0,002 \cdot 67 \cdot \text{tg}33°) = 0,027$ МПа

Фактический коэффициент сдвига: $\frac{T^П_{пр}}{T^П} = \frac{0,027}{0,0092} = 2,93$

$0,0092 < \frac{0,027}{1}$ => Выполняется условие $T < \frac{T^{гр}_{пр}}{K_{сдв}}$

Следовательно, песчаный слой удовлетворяет условию прочности по сдвигу от статических нагрузок.

Вывод: выбранная конструкция удовлетворяет всем критериям прочности.

<u>Проверка дорожной одежды на морозоустойчивость</u>

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$l_{пуч} \le l_{доп}$

где $l_{пуч}$ - расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;

$l_{доп}$ - допускаемое для данной конструкции пучение грунта – 4 см. При предварительной проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения следует определять по формуле:

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл} \qquad (5.15)$$

где $l_{пуч\ ср}$ - величина морозного пучения при осредненных условиях, в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости и глубины промерзания ($z_{пр}$);

$K_{УГВ}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод ($H_у$); $K_{пл}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя;

$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки;

$K_{нагр}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания;

$K_{вл}$ - коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта.

Расчёт

По карте находим среднюю глубину промерзания $z_{пр(ср)}$ для условий г. Вязьма и по формуле определяем глубину промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ при отсутствии натурных наблюдений:

$$z_{пр} = z_{пр(ср)} \cdot 1{,}38 = 1{,}51 \cdot 1{,}38 = 2{,}08 \text{ м} \qquad (5.16)$$

При глубине промерзания $z_{пр}$ от 2,0 до 3,0 м $l_{пуч\ ср}$ вычисляют по формуле:

$$l_{пуч\ ср} = l_{пуч\ ср\ 2{,}0} \cdot [a + b\,(z_{пр} - c)] = 3{,}9(1{,}0+0{,}16(2{,}08-2{,}0)) = 3{,}95 \text{ см} \qquad (5.17)$$

где $l_{пуч\ ср\ 2{,}0} = 3{,}9$ см – величина морозного пучения при $z_{пр} = 2{,}0$ м, выбираем кривую III, т.к. она соответствует группе грунта по пучинистости согласно табл.

$a = 1{,}0$; $b = 0{,}16$; $c = 2{,}0$ при $2{,}0 < z_{пр} < 2{,}5$

По таблицам и графикам находим коэффициенты:

- $K_{УГВ} = 0{,}54$
- $K_{пл} = 1{,}2$
- $K_{гр} = 1{,}1$
- $K_{нагр} = 0{,}83$
- $K_{вл} = 1{,}1$

По формуле 4.2 находим величину пучения для данной конструкции:

$$l_{пуч} = l_{пуч(ср)} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{гр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл} = 3{,}95 \cdot 0{,}54 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}1 = 2{,}57 \text{ см}$$

Условие $l_{пуч} \le l_{доп}$ выполняется: $2{,}57 \le 4$

По формуле определяем величину морозного пучения для осредненных условий:

$l_{пуч} = l_{(доп)}/(K_{УГВ} \cdot K_{пл} \cdot K_{гр} \cdot K_{нагр} \cdot K_{вл}) = 4/(0{,}54 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}1) = 6{,}15$см

По номограмме, в соответствии с группой грунта по степени пучинистости (III), определяем требуемую толщину дорожной одежды $h_{д.о.\ треб}$, равную 59см.

Фактическая толщина дорожной одежды $h_{д.о.\ факт}$ равна 97см, обеспечен запас 38см.

Вывод: выбранная конструкция обеспечивает морозоустойчивость.

Сводная таблица результатов расчета

Таблица 5.1.5

Требуемые и фактические коэффициенты прочности по всем критериям

Коэффициент прочности	Критерии прочности при расчете по					
	Допустимому упругому прогибу	Сдвигоустойчивости при нагрузке				Растяжению при изгибе в монолитных слоях
		динамической		статической		
		грунт	песок	грунт	песок	
Требуемый	≥ 1,2	> 1	> 1	> 1	> 1	> 1
Расчетный	1,22	2,4	2,64	2,13	2,93	1,22

5.3 Сравнение вариантов дорожных одежд, рассчитанных по ОДН 218.046-01.

Всего было произведено 2 расчета дорожной одежды (табл.5.3.1)

Таблица 5.3.1- сравнение характеристик вариантов дорожных одежд по ОДН 218.046-01.

№	Характеристики	ОДН 218.046-01		
		Кпр		Ктр
		Вар I	Вар II	
1	Растяжение при изгибе в монолитных слоях	1,16	1,22	1
2	Допустимый упругий прогиб	1,37	1,22	1,2
3	Сдвигоустойчивость от действия статической нагрузки (грунт)	2,25	2,13	1
4	Сдвигоустойчивость от действия динамической	2,3	2,4	1

	нагрузки (грунт)			
5	Сдвигоустойчивость от действия статической нагрузки (песок)	3,03	2,93	1
6	Сдвигоустойчивость от действия динамической нагрузки (песок)	2,56	2,64	1
7	Объем, тыс.м3	148,52	153,26	
8	Стоимость, тыс.руб	42382,15	40075,32	

Анализ результата расчетов показал, что обе конструкции удовлетворят требуемым критериям прочности по ОДН 218.046-01.

Сравнительный экономический расчет стоимости обеих конструкций (табл.5.3.1) показал, что вариант II на 5% экономически более выгоден, поэтому в качестве основного варианта выбран вариант II.

6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОПУСКНОГО СООРУЖЕНИЯ

На проектируемом участке дороги предусмотрено устройство шести водопропускных труб. Произведен расчет водопропускной трубы, расположенной на ПК40+00 на I варианте трассы.

6.1 Определение расчетного расхода воды от дождевых паводков по СП 33-101-2003

Определение угла русла:

$$I_p = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{215,5 - 192,5}{680} = 0,034 \qquad (6.1.1)$$

Где: H_1-отметка водораздельной точки в вершине главного лога (по карте);

H_2-отметка дна лога в месте пересечения его трассой автодороги;

L-длина главного лога (по карте);

F-0,1835км²- площадь водосборного бассейна (по карте).

6.2 Расчет ливневого стока

Определение расчетной интенсивности ливня по формуле:

$$a_{расч} = a_{час} * K_t = 0,82 * 5,24 = 4,30 \; мм / мин, \qquad (6.2.1)$$

Где: $a_{час}$=0,82 мм/мин. - интенсивность ливня часовой продолжительности

K_t=5,24 – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности.

Тогда расчетный расход воды от ливневого стока определяется по формуле:

$$Q_л = 16,7 * a_{расч} * F * a * \varphi_p = 16,7 * 4,30 * 0,1835 * 0,5 * 0,69 = 4,6\ м^3/с.$$

(6.2.2)

Где: $\varphi_p = 0,69$ - коэффициент редукции;

$a = 0,5$ - коэффициент потерь стока, зависит от вида грунта в водосборе;

Объем ливневого стока:

$$W = \frac{60000 * a_{час} * F * a * \varphi_p}{\sqrt{K_t}} = \frac{60000 * 0,82 * 0,1835 * 0,5 * 0,69}{\sqrt{5,24}} = 1361\ \ м^3$$

(6.2.3)

6.3 Определение расчетного расхода талых вод по СП 33-101-2003.

Определение расчетного слоя стока по формуле:

$h_p = K_p * h_o = 2,3 * 100 = 230\ мм$,

(6.3.1)

Где: $K_p = 2,3$ - модульный коэффициент стока;

$h_o = 100\ мм$ -средний слой стока.

Определение расчетного расхода талых вод по формуле:

$$Q_m = \frac{h_o * h_p * F}{(F+1)^n} * \delta_1 * \delta_2 = \frac{0,02 * 230 * 0,1835}{(0,1835+1)^{0,25}} * 1 * 1 = 0,81\ м^3/с.$$

(6.3.2)

Где: $h_o = 0,02$ -коэффициент дружности половодья для лесостепной зоны;

$\delta_1 = \delta_2 = 1$ -коэффициенты, учитывающие снижение максимальных расходов в заболоченных бассейнах и в залессеных бассейнах соответственно.

Сравнивая расход от талых вод с расходом от ливневых вод, делаем вывод, что расчет водопропускного сооружения будем производить, принимая за расчетный расход от ливневых вод, как наибольший.

6.4 Подбор отверстия типовой трубы.

Если образование пруда перед сооружением невозможно, то отверстие водопропускного сооружения может быть определено.

Расчет ведём по: ОДМ 218.2.110-2020

1. Определяем длину трубы: lт=14,5+6,3*2*1,5≈34 м. (6.4.1)

2. Находим отверстие трубы.

Зная параметры расхода, находим по ним минимальные диаметры трубы:

$$D = \left(\frac{4,6}{0,275 * \sqrt{9,81}} \right)^{\frac{2}{5}} = 1,96\, м \qquad (6.4.2)$$

Вычисленный диаметр D округляется в большую сторону до 0,1. Принимаем к расчету отверстие трубы D=2,0 м.

Уточняем параметр расхода для принятого диаметра:

$$П_Q = \frac{4,6}{2,0^2 * \sqrt{9,81 * 2,0}} \approx 0,26 \qquad (6.4.3)$$

3.Устанавливаем, будет ли труба "длинной" или "короткой" в гидравлическом отношении. Для этого из соотношения определяем значение критического уклона: $i_{кр} = \frac{Q^2}{\omega_K^2 C_K^2 R_K}$ (6.4.4)

Критическую глубину потока определяют для известных значений $П_Q$ и D по графику: $h_к$ =0,49·D=0,49·2,0=0,98 (6.4.5)

$$c_к = \frac{1}{0,0254} * 0,42^{0,24} = 31,97 \qquad (6.4.6)$$

$$i_{кр} = \frac{4,6^2}{1,3^2 31,97^2 0,42} = 0,028 \qquad (6.4.4)$$

Сравниваем уклон трубы i_T с критическим $i_{кр}$:

$i_{кр}$=0,028<i_T=0,03.

Следовательно, трубы «короткая». Проверка по критерию относительной длины трубы не требуется.

4. Определяем подпертые глубины перед трубой

$$H_p = \left(\frac{4,6}{0,33 * 1,6 * \sqrt{2 * 9,81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 1,57 \, м \qquad (6.4.7)$$

5. Находим возвышение бровки полотна над подпертым уровнем $\Delta_{бп}$ при высоте насыпи $H_{нас}$= 6,3 м: $\Delta_{бп} = 6,3 - 1,57 = 4,73$ м > 0,5. (6.4.8)

Требования технических условий выполнено.

6. Определяем глубины и скорости на выходе из трубы соответственно:

$$\frac{h_{вых}}{D} = \frac{0,54}{0,03^{0,1}} 0,26^{0,6} = 0,34 \qquad (6.4.9)$$

$$h_{вых} = 0,34 * 2,0 = 0,68 \qquad (6.4.10)$$

$$\omega_{вых} = 0,92 \, м^2$$

$$v_{вых} = \frac{Q}{\omega_{вых}} = \frac{4,6}{0,92} = 5 \, м/с \qquad (6.4.11)$$

6.5 Определение минимальной высоты насыпи у трубы

Для трубы D=2,0м:

$$H_{min} = h_{тр} + h_{кон} + h_{зап} + h_{д.о.} = 2,0 + 0,10 + 0,5 + 0,97 = 3,57 \, м$$

6.6 Проектирование укрепления за трубой

Длина плоского укрепления за трубой:

$$L_{укр} = (2 \ldots 4) * d_m = 3,0 * 2,0 = 6,0 \, м; \qquad (6.6.1)$$

d_m - диаметр трубы;

Ширина плоского укрепления за трубой:

$$B_{укр} = 3,0 * 2,0 = 6,0 \, м \qquad (6.6.2)$$

Толщина укрепления у выходного оголовка:

$$S = 0,35 * H = 0,35 * 1,7 = 0,595 \;\; м; \qquad (6.6.3)$$

Скорость потока в зоне растекания:

$$V_p = 1.5 * v = 1,5 * 4,4 = 6,6 \;\; м/с; \qquad (6.6.4)$$

В соответствии со скоростью потока в зоне растекания принимаем тип укрепления бетон низких марок. Для определения глубины заложения предохранительного откоса h_n необходимо определить глубину размыва Δp

$$h_n = \frac{L_{укр} * tg_\alpha}{d_m} = \frac{6 * tg_\alpha}{2{,}0} = 4{,}8\,м; \quad (6.6.5)$$

α - угол растекания потока за трубой, принимается 45 град

$$\frac{\Delta_P}{H} = 0{,}65 \rightarrow \Delta_P = \frac{\Delta_P}{H} * H = 0{,}65 * 1{,}7 = 1{,}1\,м; \quad (6.6.6)$$

Глубина заложения предохранительного откоса

$$h_n = \frac{4}{3} * \Delta_P = \frac{4}{3} * 1{,}1 = 1{,}5\,м. \quad (6.6.7)$$

7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ИЗ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1 Общие понятия о габионных конструкциях

Габионные сетчатые изделия (ГСИ) – объемные изделия различной формы из проволочной крученой сетки с шестиугольными ячейками, а также объемные конструкции различной формы из этой сетки, заполняемые камнем.

Габионные конструкции представляют собой естественные строительные блоки, они аккумулируют в себе частицы грунта, способствуют росту растительности, со временем приобретают еще большую прочность, становятся частью природного ландшафта.

Проектирование защитных, усиливающих, подпорных и удерживающих габионных конструкций, сооружений и устройств на оползневых и оползнеопасных участках, а также в районах распространения селей, осыпей, камнепадов, лавин, карста, слабых грунтов, просадочных и набухающих грунтов и на участках влияния абразии и речной эрозии следует осуществлять на основе специальных нормативных документов.

7.1.1 Конструктивные виды типовых габионных конструкций

Типы габионных конструкций по форме:

- коробчатые – К;
- коробчатые с армирующей панелью – КА;
- матрасно-тюфячные – МТ;
- цилиндрические – Ц.

Типы габионных конструкций по видам покрытий проволоки сетки:

- покрытые цинком – Ц;
- покрытые цинком и полимером – ЦП;
- покрытые сплавом цинка с алюминием металлом (гальфан)– Г;
- покрытые сплавом цинка с алюминием, металлом и полимером – ГП.

Пример условного обозначения габионных конструкций:

Коробчатая конструкция с размерами: длина 3 м, ширина 1 м, высота 1 м, из проволоки оцинкованной диаметром 2,7 мм, с полимерным покрытием: «Габионные конструкции – К-3×1×1-С80-2,7/3,7-ЦП ТУ 1275-001-99475458-2007»

Структура условного обозначения:

Х - Х - ХХХ - Х - Х / Х - Х

1 2 3 4 5 6 7

1. наименование изделия;

2. тип;

3. размеры, м;

4. условное обозначение сетки;

5. диаметр проволоки, мм;

6. диаметр проволоки вместе с полимерным покрытием, если оно есть,мм;

7. условное обозначение технических условий.

7.1.2 Требования к каменным материалам

Рекомендуется использовать материал со следующими характеристиками:

- повышенный удельный вес (не менее 17,5кН/м3, а для гидротехнических работ – не менее 23кН/м3), особенно в тех случаях, когда доминируют свойства силы тяжести конструкции, или если она сама погружена в воду (гидротехнические сооружения);
- высокая морозоустойчивость (марка по морозоустойчивости выше МР350);
- прочность (марка камня по прочности не менее 400);
- неразмываемость (водопоглощение камня (% по весу) не менее 0,6);
- хорошая твердость;
- для каменного материала, предназначенного к укладке в габионы ниже поверхности воды или подверженного ее воздействию, показатель снижения прочности при насыщении водой (коэффициент размягчаемости) должен быть не ниже 0,9 (для изверженных и метаморфических пород) и 0,8 (для осадочных);
- устойчивость структуры камня против распада (потеря массы) не более 5-10 %.

Таблица 7.1 Тип камня, пригодного к заполнению габионов

Тип камня	Плотность γ^3 (т/м^3)
Базальт	2,9
Гранит	2,6
Плотный известняк	2,6
Трахиты	2,5
Песчаник	2,3
Мягкий известняк	2,2

Туф	1,7

7.1.3 Требования к геотекстилю

Чаще всего при возведении габионных конструкций в качестве обратного фильтра используется дорнит (геотекстиль). В современном строительстве этот строительный материал является заменителем традиционных песчано-гравийных и щебеночных смесей и зачастую играет более эффективную роль за счет своей экономичности и технических показателей (применение геотекстильных материалов позволяет снизить толщину песчаного слоя на 15-20%).

Дорнит (геотекстиль) –представляющий собой водопроницаемый нетканый синтетический материал из полиэстера или полипропилена, скрепленный механическим, термическим и др. способами. Материал не подвержен гниению, воздействию грибков и плесени, грызунов и насекомых, прорастанию корней.

Основная роль геотекстиля – способствование кольматации пористых габионных конструкций и, как следствие, общей консолидации сооружения.

Основные свойства геотекстиля:

- высокий модуль упругости, благодаря которому геотекстильный материал может воспринимать значительные нагрузки и выполнять функцию армирования при относительно малых деформациях;
- большие удлинения при разрыве (в зависимости от типа геотекстиля – до 120%);
- универсальная фильтрующая способность, обусловленная специфической структурой геотекстильного материала, которая исключает внедрение частиц грунта в поры и их засорение;
- дренирующая функция – отвод от сооружений подземной (грунтовой) воды;

- высокая сопротивляемость раздиру и прокалыванию, что особенно ценно при укладке;
- стойкость к ультрафиолетовому излучению;
- коэффициент фильтрации не менее 40 м/сут;
- разрывная нагрузка не менее 2 кН/м.

7.2 Расчет подпорной стенки из габионных конструкций на сдвиг, расположенной ПК20+20-ПК21+80

- Характеристики грунта основания – песок средней крупности:
- удельный вес – $\gamma_{осн}$=19 кН/м³;
- угол внутреннего трения – $\varphi_{осн}$=38°;
- удельное сцепление – $c_{осн}$=2 кПа;
- Характеристики грунта обратной засыпки – суглинок легкий:
- удельный вес – $\gamma_{зас}$=19 кН/м³;
- угол внутреннего трения – $\varphi_{зас}$=24°;
- удельное сцепление – $c_{зас}$=35 кПа;
- Угол наклона поверхности грунта к горизонту по задней грани подпорной стены – ε_a=15°;
- Характеристики стены:
- высота стены – H=3 м;
- высота 1 секции стены – a_1=1 м; ширина 1 секции стены – b_1=1 м;
- высота 2 секции стены –a_2=1 м; ширина 2 секции стены –b_2=1,5 м;
- высота 3 секции стены – a_3=1 м; ширина 3 секции стены (ширина подошвы) – B=b_3=2 м;
- высота заглубления подошвы стены – h_p=0 м;
- пористость материала заполнения габионного сооружения – n=0,3;
- удельный вес частиц материала заполнения габиона – γ_s=26 кН/м³;
- угол наклона задней поверхности стены – α=0°;
- угол трения по задней поверхности стены – φ_o=$\varphi_{зас}$=24°

1. Определение допускаемого коэффициента устойчивости $K_{доп}$

$$K_{доп}=\frac{\gamma_n*\gamma_{fs}}{\gamma_c}=\frac{1,2*1}{1}=1,2 \qquad (7.1)$$

Где: $\gamma_n=1,2$-коэффициент надежности по назначению сооружения;

$\gamma_{fs}=1,0$- коэффициент сочетания нагрузок, учитывающий уменьшение вероятности одновременного появления расчетных нагрузок;

$\gamma_c=1,0$-коэффициент условий работы.

2. Определение удельного веса материала заполнения габиона γ_g.

$$\gamma_g=\gamma_c*(1-n)=26*(1-0,3)=18,2\ \ кН/м^3 \qquad (7.2)$$

3. Определение коэффициента трения основания f.

$$f=tg(\varphi_{осн})=tg(38°)\approx 0,781 \qquad (7.3)$$

4. Определение коэффициента активного давления грунта K_a.

$$K_a=\frac{\cos^2(\varphi_{зас}-\alpha)}{\left(1+\sqrt{\frac{\sin(\varphi_{зас}+\varphi_o)*\sin(\varphi_{зас}-\varepsilon_a)}{\cos(\alpha+\varphi_o)*\cos(\alpha-\varepsilon_a)}}\right)^2*cos^2\alpha*\cos(\alpha+\varphi_o)}$$

$$K_a=\frac{\cos^2(24°-0°)}{\left(1+\sqrt{\frac{\sin(24°+24°)*\sin(24°-15°)}{\cos(0°+24°)*\cos(0°-15°)}}\right)^2*cos^2 0°*\cos(0°+24°)}\approx 0,492 \qquad (7.4)$$

5.Определение активного давления грунта E_a.

$$E_a=\frac{1}{2}*\gamma_{зас}*H^2*\ \ K_a=\frac{1}{2}*19*3^2*0,492=42,066\ \ кН/м \qquad (7.5)$$

Горизонтальная составляющая активного давления грунта E_{ah}.

$$E_{ah}=E_a*\cos(\alpha+\varphi_o)=42,066*\cos(0°+24°)\approx 38,492\ \ кН/м \qquad (7.6)$$

Вертикальная составляющая активного давления грунта E_{av}.

$$E_{av}=E_a*\sin(\alpha+\varphi_o)=42,066*\sin(0°+24°)\approx 17,110\ \ кН/м \qquad (7.7)$$

6. Определение веса i-ых секций G_i и веса всей стены G_o.

$$G_i=a_i*b_i*\gamma_g \qquad (7.8)$$

$G_1=1*1*18,2=18,2\ \ кН/м$

$G_2=1*1,5*18,2=27,3\ \ кН/м$

$G_3=1*2*18,2=36,4\ \ кН/м$

$$G_o = \sum_{i=1}^{m} G_i$$

$$G_o = \sum_{i=1}^{3} (18,2 + 27,3 + 36,4) = 81,9\ кН / м$$

7. Определение реакции грунта основания N.

$$N = G_o + E_{av} = 81,9 + 17,110 = 99,01\ \ кН / м \qquad (7.10)$$

8. Определение удерживающей силы R.

$$R = N * f + c_{осн} * B = 99,01 * 0,781 + 2 * 2 \approx 81,327\ \ кН / м \qquad (7.11)$$

9. Определение сдвигающей силы T.

$$T = E_{ah} \approx 38,492\ \ кН / м$$

10. Проверка устойчивости подпорной стены на сдвиг.

$$k = \frac{R}{T} \geq K_{доп}$$

$$k = \frac{81,327}{38,492} \approx 2,116 \geq 1,2$$

Вывод: поскольку проверка выполняется, устойчивость стены против сдвига обеспечена.

8 ОПИСАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ И ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СОХРАНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

8.1 Охрана труда

При проектировании участка автомобильной дороги в Смоленской области необходимо руководствоваться требованиями действующих нормативных документов по охране труда и технике безопасности в строительстве:

- Трудового кодекса Российской Федерации (30.12.2001 №193-ФЗ);
- СНИП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве»;
- СНИП 12-04-2002;
- СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»;

- ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда ССБТ;
- СП 12-136-2002 «Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ»;
- ОДМ 218.6.014-2014 «Инструкция по организации движения и ограждения мест производства дорожных работ»;
- и других действующих нормативно-правовых документов.

В соответствии с требованиями вышеперечисленных нормативных документов работодатель обязан:

- Обеспечить безопасные условия и охрану труда при выполнении дорожно-строительных работ;
- Обеспечить хранение, стирку, сушку, дезинфекцию и ремонт выданных работникам по установленной норме специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты. Приобретение средств индивидуальной защиты работников осуществляется за счет средств работодателя;
- Обеспечить обучение лиц, поступающих на работу, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение их периодического обучения по охране труда и проверку знаний, требований охраны труда в период работы.

При производстве работ на проезжей части предусмотрено устраивать проведения работ, с обязательной установкой ограждение места соответствующих инвентарных дорожных знаков.

Перед началом строительно-монтажных работ ответственным лицам необходимо провести инструктаж работников по технике безопасности. При выполнении работ в местах, где имеется или может возникнуть производственная опасность, ответственному исполнителю работ необходимо оформить наряд-допуск на производство работ в зонах нахождения проводов ВЛ (КС, ДПР, СИБ).

Безопасное ведение работ на объекте обеспечивается следующим:

- техническое состояние механизмов и оборудования должно отвечать требованиям инструкций по эксплуатации;
- опасные зоны работ необходимо ограждать соответствующими конструкциями, знаками и сигнальными средствами, хорошо видимыми в ночное время;
- приближение к проводам ВЛ, находящимся под напряжением ближе, чем на 2,0 м запрещается;
- при монтажных работах необходимо соблюдать и обозначать границы опасных зон возможного падения предметов
- не допускается ведение работ в сложных метеорологических условиях (ветер более 13 м/сек, гололед).

При работе с полимерными смесями необходимо соблюдать дополнительные требования ГОСТ 12.0.004-2015 ССБТ «Строительство. работы окрасочные. Требования безопасности» и соответствующих разделов ТБ ГОСТ и ТУ на компоненты составов.

Детальные мероприятия по безопасности и охране труда при выполнении отдельных видов дорожно-строительных работ (монтажные и специальные работы) разрабатываются организациями, выполняющими эти работы (в составе проектов производства работ).

8.2 Мероприятия по охране окружающей среды при производстве строительных работ

- **Мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова.**

Для восстановления земель, нарушенных в процессе хозяйственной деятельности, проектом предусматривается два этапа рекультивации: технический и биологический.

На техническом этапе рекультивации предусматривается:

- в соответствии с рекомендациями раздела 5 СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы», перед началом производства земляных работ снятие верхнего, загрязненного

химическими веществами, слоя почвы толщиной 0.05 м, и в полном объеме использование его в основании земляного полотна дорожной одежды с перекрытием слоем чистого грунта более чем на 0.5м;

- сплошная планировка площадки;
- оформление откосов насыпи;
- засыпка траншей от устройства подземных коммуникаций вынутым грунтом с уплотнением.

Завершение строительства сопровождается обязательной уборкой мусора и удалением всех временных устройств и сооружений.

На втором этапе предусматривается покрытие грунтовых частей площадки, свободных от застройки и дорог, слоем привозного плодородного грунта и посев травосмеси с внесением удобрений и поливом.

- **Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнений на период эксплуатации.**

В период эксплуатации подъездной дороги источником выбросов вредных веществ в атмосферу будет являться автотранспорт. Источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются отработанные газы двигателей машин.

Выбросы соединений свинца с отработанными газами двигателей автомашин будут отсутствовать в связи с принятием федерального Закона № 34-ФЗ от 22 марта 2003 г. о запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации с 1 июля 2003 года.

Проектные решения соблюдают нормативные требования и не оказывают существенного воздействия на загрязнение атмосферного воздуха.

При размещении объекта «Строительство автомобильной дороги в Смоленской области» не превышаются нормативы качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-гигиеническими, а также со строительными нормами и правилами.

- **Мероприятия по рациональному использованию и охране вод и водных биоресурсов на пересекаемых линейным объектом реках и иных водных объектах.**

В границах водоохранных зон запрещается (в соответствии со ст. 65 Водного кодекса РФ от 03.06.2006 № 73-ФЗ):

- использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв;
- размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;
- движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие;
- размещение автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов, станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта, мойка транспортных средств;
- размещение специализированных хранилищ пестицидов и агрохимикатов;
- сброс сточных, в том числе дренажных, вод.

В границах прибрежных защитных полос дополнительно к ограничениям, указанным выше, запрещается:

- распашка земель;
- размещение отвалов размываемых грунтов;
- выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей.

- **Мероприятия по охране растительного и животного мира.**

При строительстве автомобильных дорог разрабатываются и осуществляются мероприятия, обеспечивающие сохранение путей миграции объектов животного мира и мест их постоянной концентрации, в том числе в период размножения и зимовки. При необходимости осуществляется

строительство ограждений от попадания диких животных на автомобильную дорогу или строятся переходы для животных через автомобильную дорогу.

- **Природоохранные мероприятия по обращению со строительными отходами.**

- перед началом строительства заключить договор с организацией, принимающей отходы на размещение и имеющей на это лицензию;
- складирование строительных отходов производить на специализированных площадках, предусмотренных в разделе ПОС. Отходы своевременно вывозить на свалку или на утилизацию организациям, имеющим соответствующие лицензии. Соблюдать технические требования по транспортировке, хранению и применению строительных материалов;
- запрещается сжигать строительный мусор и отходы материалов.

9 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В данной выпускной квалификационной работе стоимость строительства автомобильной дороги II технической категории протяженностью 9228м определяется по (ФЕР-2001) федеральным единичным расценкам.

Стоимость строительства дороги складывается из стоимости: подготовительных работ, земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений.

Локальная смета представлена на чертеже лист 7.

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием машин.	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Подготовительные работы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР01-01-031-01	Разработка грунта с перемещением до 10 м	18,6	827,64	827,64	15394,1	0	15394,1	0	0
			1000 м3	0	118,8			2209,68	8,8	163,68
2	ФЕР01-01-031-09	При перемещении грунта на каждые	18,6	695,97	695,97	12945,04	0	12945,04	0	0
			1000 м3	0	99,9			1858,14	7,4	137,64
3	ФССЦпг01-01-01-039	Погрузочные работы при автомобильных	2850	3,96	3,96	11286				
			1 т груза							
4	ФССЦпг03-21-01-005	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами	2850	6,69	6,69	19066,5				
			1 т груза							
		Итого прямых затрат:				28339,15	0	28339,15		0
								4067,82		301,32
		Машины и механизмы		1		28339,15				
		Итого				28339,15				
		Итого транспортных расходов				30352,5				
		Итого				58691,65				

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Земляное полотно										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР01-01-031-01	Разработка грунта с перемещением до 10 м	146,73	827,64	827,64	121439,62	0	121439,62	0	0
			1000 м3	0	118,8			17431,52	8,8	1291,224
2	ФЕР01-01-031-09	При перемещении грунта на каждые	146,73	695,97	695,97	102119,68	0	102119,68	0	0
			1000 м3	0	99,9			14658,33	7,4	1085,802
3	ФЕР01-02-027-01	Планировка площадей: механизированным	30,6	81,36	81,36	2489,62	0	2489,62	0	0
			1000 м2	0	11,34			347	0,84	25,704
4	ФЕР01-01-003-07	Разработка грунта в отвал экскаваторами	8,64	1818,46	1763,63	15711,49	473,73	15237,76	7,03	60,7392
			1000 м3	54,83	206,55			1784,59	15,3	132,192
5	ФЕР01-02-001-01	Уплотнение грунта прицепными катками на	146,73	1299,08	1299,08	190614,01	0	190614,01	0	0
			1000 м3	0	212,78			31221,21	15,67	2299,2591
6	ФЕР01-02-001-07	На каждый последующий проход по одному	146,73	168,38	168,38	24706,4	0	24706,4	0	0
			1000 м3	0	19,73			2894,98	1,37	201,0201
7	ФЕР01-01-031-01	Разработка грунта с перемещением до 10 м	14,6	827,64	827,64	12083,54	0	12083,54	0	0
			1000 м3	0	118,8			1734,48	8,8	128,48
8	ФЕР01-02-027-01	Планировка площадей: механизированным способом, группа грунтов 1	14,6	81,36	81,36	1187,86	0	1187,86	0	0
			1000 м2	0	11,34			165,56	0,84	12,264
9	ФЕР01-02-001-01	Уплотнение грунта прицепными катками на	14,6	1299,08	1299,08	18966,57	0	18966,57	0	0
			1000 м3	0	212,78			3106,59	15,67	228,782
10	ФЕР01-02-001-07	На каждый последующий проход по одному следу добавлять: к расценке 01-02-001-01	14,6	168,38	168,38	2458,35	0	2458,35	0	0
			1000 м3	0	19,73			288,06	1,37	20,002
		Итого прямых затрат:				491777,13	473,73	491303,4		60,7392
								73632,33		5424,7292
		Зарплата рабочих		1		473,73				
		Машины и механизмы		1		491303,4				
		Итого				491777,13				

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием машин.	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Трубы										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР01-01-003-01	Разработка грунта в отвал экскаваторами	1,86	1315,44	1278,16	2446,72	69,34	2377,38	4,78	8,8908
			1000 м3	37,28	140,4			261,14	10,4	19,344
2	ФССЦпг01-01-01-039	Погрузочные работы при автомобильных	2653,9	3,96	3,96	10509,44				
			1 т груза							
3	ФССЦпг03-21-01-001	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами	2653,9	2,91	2,91	7722,85				
			1 т груза							
4	ФЕР01-02-056-07	Разработка грунта вручную в траншеях	1,73	1868,74	0	3232,92	3232,92	0	223	385,79
			100 м3	1868,74	0			0	0	0
5	ФЕР01-02-067-04	Крепление досками стенок котлованов и	18,96	1384,49	86,74	26249,93	10885,5	1644,59	64,8	1228,608
			100 м2	574,13	15,31			290,28	1,32	25,0272
6	ФЕР27-04-001-02	Устройство подстилающих и выравнивающих	4,35	3490,33	3357,76	15182,94	502,38	14606,26	14,4	62,64
			100 м3	115,49	181,59			789,92	14,81	64,4235
6.1	02.2.04.03	Смесь песчано-гравийная	530,7	102,24	122	54258,77				
			м3							
7	[02.2.04.03-0013]	Смесь песчано-гравийная природная	530	72		38160				
			м3							
8	ФЕР30-07-010-01	Устройство гравийно-песчаной подготовки под водопропускные трубы из гофрированного металла	389	171,83	78,86	66841,87	6056,73	30676,54	1,84	715,76
			м3	15,57	8,83			3434,87	0,71	276,19
9	[02.2.04.03-0013]	Смесь песчано-гравийная природная обогащенная с содержанием гравия: 35-50%	389	72		28008				
			м3							
10	ФЕР30-07-011-02	Укладка водопропускных труб из гофрированного металла диаметром: 2 м	204	950,93	156,45	193989,72	28494,72	31915,8	15,4	3141,6
			м	139,68	12,92			2635,68	0,96	195,84
10.1	23.3.07.02	Трубы стальные	204	0	1	0				
			т							
11	ФЕР30-07-014-06	Сооружение оголовков круглых водопропускных труб одноочковых отверстием: 2х(1,25-2) м	31,54	155,94	81,33	4918,35	1104,22	2565,15	3,86	121,7444
			м3	35,01	9,05			285,44	0,67	21,1318
11.1	04.1.02.04	Смеси бетонные тяжелого бетона для транспортного строительства	32,1708	0	1,02	0				
			м3							
11.2	05.1.08.01	Конструкции сборные железобетонные	31,54	0	1	0				
			м3							
12	ФЕР30-08-009-01	Устройство подпорной стенки высотой до 4 м из монолитного железобетона в металлической опалубке с укладкой бетонной	145,34	1511,25	501,6	219645,08	17690,78	72902,54	12,27	1783,3218
			м3	121,72	38,98			5665,35	2,9	421,486
12.1	04.1.02.04	Смеси бетонные тяжелого бетона для транспортного строительства	148,2468	0	1,02	0				
			м3							
13	ФЕР30-08-010-01	Армирование грунтовых насыпей георешетками	1,28	1075,35	24,39	1376,45	303,59	31,22	26,15	33,472
			1000 м2	237,18	2,8			3,58	0,24	0,3072
13.1	01.7.12.07	Георешетка для армирования грунтов	1323,008	0	1033,6	0				
			м2							
14	ФЕР01-02-061-01	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов	7,5	663,75	0	4978,13	4978,13	0	88,5	663,75
			100 м3	663,75	0			0	0	0
15	ФЕР01-02-005-01	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками, группа грунтов: 1-2	7,32	348,46	241,58	2550,73	782,36	1768,37	12,53	91,7196
			100 м3	106,88	26,36			192,96	2,62	19,1784
		Итого прямых затрат:				607580,82	74100,67	158487,84		8237,2966
								13559,22		1042,9281
		Зарплата рабочих		1		74100,67				
		Машины и механизмы		1		158487,84				
		Материалы		1		374992,3				
		Итого неучтенных материалов				54258,77				
		Итого				661839,59				
		Итого транспортных расходов				18232,29				
		Итого				680071,88				

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием машин.	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Габионные конструкции										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР01-01-001-01	Разработка грунта в отвал экскаваторами	0,268	2968,03	2953,55	795,43	3,88	791,55	1,54	0,41272
			1000 м3	14,48	87,84			23,54	6,4	1,7152
2	ФССЦпг01-01-01-039	Погрузочные работы при автомобильных	473,6	3,96	3,96	1875,46				
			1 т груза							
3	ФССЦпг03-21-01-001	Перевозка грузов автомобилями-самосвалами	473,6	2,91	2,91	1378,18				
			1 т груза							
4	ФЕР01-02-056-01	Разработка грунта вручную в траншеях	0,312	1357,56	0	423,56	423,56	0	162	50,544
			100 м3	1357,56	0			0	0	0
5	ФЕР27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих	0,68	3390,48	3262,79	2305,53	78,53	2218,7	14,4	9,792
			100 м3	115,49	171,22			116,43	13,88	9,4384
5.1	02.3.01.02	Песок для строительных работ природный	82,96	0	122	0				
			м3							
6	[02.3.01.02-0015]	Песок природный для строительных: работ	83	55,26		4586,58				
			м3							
7	ФЕР27-04-001-04	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из щебня	0,18	5459,07	5268,76	982,63	31,18	948,38	21,6	3,888
			100 м3	173,23	267,67			48,18	20,6	3,708
7.1	02.2.05.04	Щебень из плотных горных пород	21,06	0	117	0				
			м3							
8	[02.2.05.05-0002]	Щебень из горных пород, фракция: 5-20 мм	21,06	94,48		1989,75				
			м3							
9	ФЕР30-08-047-01	Устройство подпорных стенок из коробчатых габионов	30	2606,81	264,3	78204,3	50315,7	7929	182,7	5481
			10 м3	1677,19	33,25			997,5	2,9	87
9.1	02.2.05.04-1902	Щебень М 1000, фракция 120-150 мм, группа 2	2940	0	98	0				
			м3							
9.2	08.1.01.02-0011	Конструкции габионные из оцинкованной сетки	18	0	0,6	0				
			т							
10	ФЕР01-02-061-01	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 1	1,25	663,75	0	829,69	829,69	0	88,5	110,625
			100 м3	663,75	0			0	0	0
11	ФЕР01-02-005-01	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками, группа грунтов: 1-2	1,22	348,46	241,58	425,12	130,39	294,73	12,53	15,2866
			100 м3	106,88	26,36			32,16	2,62	3,1964
12	ФЕР01-02-037-01	Укрепление откосов насыпных сооружений,	0,8	78424,02	464,85	62739,22	1426,73	371,88	222,37	177,896
			1000 м2	1783,41	55,88			44,7	4,64	3,712
12.1	01.7.12.07	Материал геосотовый пластмассовый	812	0	1015	0				
			м2							
12.2	16.2.02.07	Семена трав	16	0	20	0				
			кг							
13	[08.1.01.01-0003]	Конструкции габионные коробчатые размером 2х1х1 м, из проволоки диаметром 2,7 мм с	300	282,6		84780				
			шт.							
14	[02.2.05.04-0056]	Щебень из гравия для строительных работ марка 1000, фракция 120-150 мм	2940	134,02		394018,8				
			м3							
		Итого прямых затрат:				632080,6	53239,66	12554,23		5849,44432
								1262,51		108,77
		Зарплата рабочих		1		53239,66				
		Машины и механизмы		1		12554,23				
		Материалы		1		566286,71				
		Итого неучтенных материалов				0				
		Итого				632080,6				
		Итого транспортных расходов				3253,63				
		Итого				635334,24				

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием машин.	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Дорожная одежда										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР27-04-001-01	Устройство подстилающих и выравнивающих	361	3390,48	3262,79	1223963,28	41691,89	1177867,19	14,4	5198,4
			100 м3	115,49	171,22			61810,42	13,88	5010,68
2	[02.3.01.02-0015]	Песок природный для строительных: работ	36100	55,26		1994886				
			м3							
3	ФЕР27-04-003-05	Устройство оснований и покрытий из песчано-гравийных или щебеночно-песчаных смесей: непрерывной гранулометрии С-4 и С-6,	143,6	5059,73	4745,3	726577,23	36392,55	681425,08	29,71	4266,356
			1000 м2	253,43	263,3			37809,88	20,97	3011,292
3.1	02.2.04.03	Смесь песчано-гравийная, щебеночно-песчаная и т.п.	16944,8	0	118	0				
			м3							
4	ФЕР27-04-003-08	На каждый 1 см изменения толщины слоя	85,8	119,54	119,54	10256,53	0	10256,53	0	0
			1000 м2	0	5,78			495,92	0,46	39,468
4.1	02.2.04.03	Смесь песчано-гравийная, щебеночно-	10124,4	0	118	0				
			м3							
5	[02.2.04.04-0004]	Смеси готовые щебеночно-песчаные (ГОСТ	27069,2	167,3		4528677,16				
			м3							
6	ФЕР27-06-024-06	Укладка и пропитка с применением битума	128	20311,46	3182,16	2599866,88	54634,24	407316,48	51,8	6630,4
			1000 м2	426,83	248,39			31793,92	21,77	2786,56
6.1	01.2.01.01	Битум	1054,72	0	8,24	0				
			т							
7	ФЕР27-06-024-07	На каждый 1 см изменения толщины	128	2584,7	962	330841,6	4110,08	123136	0,3	38,4
			1000 м2	32,11	145,21			18586,88	1,06	135,68
7.1	01.2.01.01	Битум	1713,92	0	13,39	0				
			т							
8	[01.2.01.01-0019]	Битумы нефтяные дорожные марки: БНД-	2875	1690		4858750				
			т							
9	[02.2.05.04-0144]	Щебень марки 800 фракция 10-20 мм	33250	146,9		4884425				
			м3							
10	ФЕР27-06-020-07	Устройство покрытия толщиной 4 см из	81,25	2786,11	2380,04	226371,44	29936,56	193378,25	38,3	3111,875
			1000 м2	368,45	262,26			21308,63	19,06	1548,625
10.1	04.2.01.04	Смесь асфальтобетонная	7816,25	0	96,2	0				
			т							
11	ФЕР27-06-021-07	На каждые 0,5 см изменения толщины	81,25	1199,17	1198,3	97432,56	70,69	97361,88	0,09	7,3125
			1000 м2	0,87	0			0	0	0
11.1	04.2.01.04	Смесь асфальтобетонная	19500	0	240	0				
			т							
12	[04.2.01.02-0012]	Смеси асфальтобетонные дорожные,	27316	451,75		12340003				
			т							
13	ФЕР27-06-020-13	Устройство покрытия толщиной 4 см из	81,25	3152,48	2390,24	256139	29936,56	194207	38,3	3111,875
			1000 м2	368,45	263,75			21429,69	19,18	1558,375
13.1	04.2.01.04	Смесь асфальтобетонная	7791,875	0	95,9	0				
			т							
14	ФЕР27-06-021-13	На каждые 0,5 см изменения толщины	81,25	0,87	0	70,69	70,69	0	0,09	7,3125
			1000 м2	0,87	0			0	0	0
14.1	04.2.01.04	Смесь асфальтобетонная	3900	0	48	0				
			т							
15	[04.2.01.01-0047]	Смеси асфальтобетонные высокоплотные	11691,87	503,58		5887791,89				
			т							
16	ФЕР27-08-001-11	Укрепление обочин щебнем толщиной 10 см	7,74	3989,94	3682,15	30882,14	2004,58	28499,84	31,7	245,358
			1000 м2	258,99	263,65			2040,65	23,21	179,6454
17	[02.2.05.02-0014]	Щебень , фракция: 20-40 мм, марка 500	967	81,07		78394,69				
			м3							
		Итого прямых затрат:				40075329,09	198847,84	2913448,25		22617,289
								195275,99		14270,3254
		Зарплата рабочих		1		198847,84				
		Машины и механизмы		1		2913448,25				
		Материалы		1		36963033				
		Итого				40075329,09				

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч. не занятых обслуживанием машин.	
				Всего	эксплуатации машин	Всего	заработной платы	эксплуатации машин	обслуживающих машины	
				заработной платы	в том числе заработной платы			в том числе заработной платы	на единицу	всего
Обустройство автомобильной дороги										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЕР27-09-016-02	Разметка проезжей части краской сплошной линией шириной: 0,2 м	32,904	2334,01	177,58	76798,27	924,93	5843,09	3,66	120,42864
			км	28,11	25,59			842,01	2,04	67,12416
2	ФЕР27-09-016-05	Разметка проезжей части краской	16,591	500,19	177,58	8298,65	466,37	2946,23	3,66	60,72306
			км	28,11	25,59			424,56	2,04	33,84564
3	ФЕР27-09-007-01	Устройство удерживающих металлических барьерных ограждений: дорожной группы	427	14561,79	962,76	6217884,33	125132,35	411098,52	33,53	14317,31
			т	293,05	183,44			78328,88	15,02	6413,54
4	ФЕР27-09-008-01	Установка дорожных знаков бесфундаментных: на металлических стойках	0,36	7516,31	2697,1	2705,87	1120,23	970,96	364,8	131,328
			100 шт	3111,74	253,87			91,39	16,29	5,8644
4.1	01.7.17.13	Щитки металлические	36	0	100	0				
			шт.							
5	ФЕР27-09-012-01	При установке дополнительных щитков добавлять к расценкам таблиц с 27-09-008 по 27-09-011	0,04	876,04	0	35,04	23,54	0	69	2,76
			100 шт	588,57	0			0	0	0
5.1	01.7.17.13	Щитки металлические	4	0	100	0				
			шт.							
		Итого прямых затрат:				6305722,16	127667,42	420858,8		14632,5497
								79686,85		6520,3742
		Зарплата рабочих		1		127667,42				
		Машины и механизмы		1		420858,8				
		Материалы		1		5757195,94				
		Итого				6305722,16				

Итого (без НДС)		48246926,14
НДС	20%	9649385,23
Итого по смете (с НДС)		57896311,36
Перевод в текущие цены с НДС (II квартал 2021г.) 57896311,36* 4,66		269796810,9
На 1км по смете		29236758,88
ВСЕГО по смете		269796810,9

ВЫВОД

В дипломном проекте выполнено проектирование автомобильной дороги II технической категории в Смоленской области.

Разработано два плана трассы. Выбран наиболее выгодный из экономических соображений. Построен продольный профиль выбранного варианта из расчета соблюдения минимально допустимых нормативов в соответствии с требованиями СП34.13330.2021.

Дорожная одежда рассчитана по нормативному документу ОДН 218.046-01 на основе расчета по упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению растяжению при изгибе слоев дорожной одежды, сопротивлению сдвигу грунта земляного полотна. При разработке технологии учитывались местные источники материалов, а также возможности местных дорожно-строительных организаций.

Были запроектированы водопропускные сооружения и подпорные стенки по всей длине трассы.

В экономической части определена общая стоимость строительства. Составлена локальная смета.