

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.09.2026 12:10:55
Уникальный программный идентификатор:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра автомобильных дорог и
аэродромов

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог»
на тему: «Проектирование дорожной одежды нежесткого типа»
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство,
направленность (профиль) «Автомобильные дороги»

Составители
С.П.Санников,
кандидат технических наук, доцент
В.Д.Тимоховец,
кандидат технических наук, доцент

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Тюмень
ТИУ
2022

Сертификат: 6FA44C50384686A8E7BD5E27735179BC
Владелец: Ефремова Вероника Васильевна
Действителен: с 14.06.2022 до 07.09.2023

Основы проектирования автомобильных дорог: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) «Автомобильные дороги» / сост. С.П.Санников, В.Д.Тимоховец – Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2022. – 39 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры автомобильных дорог и аэродромов «30» июня 2022 года, протокол №10.

Аннотация

Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Основы проектирования автомобильных дорог» на тему «Проектирование дорожной одежды нежесткого типа» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) «Автомобильные дороги».

Методические указания включают теоретические основы проектирования дорожных одежд нежесткого типа в соответствии с программой дисциплины, описание конструктивных расчетов, выполняемых при проектировании дорожной одежды, а также пример расчета.

Методические указания для выполнения курсовой работы могут быть использованы преподавателем в организации практических занятий, а также обучающимися при выполнении самостоятельной работы и повторения изученного материала при подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА	5
1.1 Конструктивные слои дорожных одежд	5
1.2 Требования к конструкциям дорожных одежд.....	6
1.3 Классификация дорожных одежд	6
1.4 Конструирование дорожной одежды.....	7
1.5 Нагрузки на дорожную одежду	9
1.6 Расчеты нежестких дорожных одежд	10
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НЕЖЕСТКОГО ТИПА	12
2.1 Определение интенсивности и минимального модуля упругости	12
2.2 Конструирование дорожной одежды нежесткого типа	13
2.3 Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу	14
2.4 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости	15
2.5 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе	18
2.6 Расчет конструкции по условию морозоустойчивости	20
2.7 Определение толщины дренирующего слоя.....	21
3 ПРИМЕР РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	22
3.1 Определение интенсивности и требуемого модуля упругости.....	22
3.2 Конструирование дорожной одежды нежесткого типа	23
3.3 Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу	25
3.4 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости	27
3.5 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе	28
3.6 Расчет конструкции по условию морозоустойчивости	30
3.7 Определение толщины дренирующего слоя.....	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	33
ПРИЛОЖЕНИЕ А Задания для выполнения курсовой работы	34

Введение

Целью методических указаний является правильная организация самостоятельной деятельности обучающихся при выполнении курсовой работы. Методические указания содержат основные понятия и требования по проектированию дорожных одежд нежесткого типа, методику выполнения и пример расчета, а также перечень рекомендуемой литературы для выполнения курсовой работы.

Цель курсовой работы – научиться выполнять расчет конструкции дорожной одежды нежесткого типа в соответствии с действующей методикой.

Задачей данной курсовой работы является освоение обучающимися практических приемов проектирования и расчета дорожной одежды нежесткого типа.

Задание для выполнения курсовой работы выдается обучающимся индивидуально по вариантам (Приложение А).

Курсовая работа может быть оформлена в соответствии с примером расчета, представленного в п.3 настоящих методических указаний.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Дорожная одежда – это укрепление проезжей части, устраиваемое на земляном полотне из одного или нескольких конструктивных слоев разной прочности и предназначенное для обеспечения ровной и прочной поверхности качения автомобилей.

Конструкцию дорожных одежд назначают в зависимости от:

- категории дороги;
- интенсивности и состава движения;
- наличия тех или иных местных дорожно-строительных материалов;
- грунтовых условий;
- гидрогеологических условий;
- климатических условий.

1.1 Конструктивные слои дорожных одежд

В общем случае дорожные одежды различных конструкций состоят из следующих основных конструктивных слоев (рис. 1.1):

- покрытия;
- основания (основного несущего слоя);
- дополнительного слоя основания (дренирующего, морозозащитного, противозаиливающего);
- грунтового основания земляного полотна.

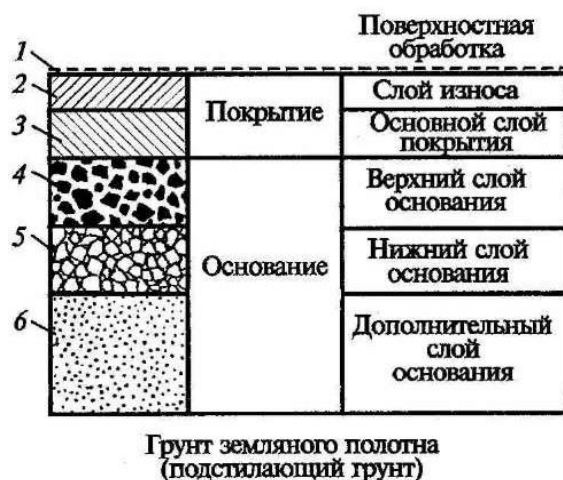


Рис. 1.1 - Конструктивные слои дорожных одежд:

- 1 – поверхностная обработка; 2 – плотный асфальтобетон из мелкозернистой смеси; 3 – пористый асфальтобетон из крупнозернистой смеси; 4 – щебень, обработанный вяжущими материалами; 5 – щебень; 6 – песок

Основное назначение слоев:

Покрытие - обеспечение ровность и необходимого коэффициента сцепления колес автомобилей с дорогой.

Поверхностная обработка (износ слоя) - защищает покрытие от проникновения в него влаги и обеспечивает необходимые сцепные качества колес автомобилей.

Основание – несущая часть конструкции дорожной одежды, состоящая из прочных материалов и расположенная под покрытием, воспринимает вертикальные нагрузки и обеспечивает совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величин в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте).

Грунт земляного полотна (грунтовое основание дорожной одежды) воспринимает вертикальное давление от вышележащих слоев дорожной одежды.

1.2 Требования к конструкциям дорожных одежд

Конструкция дорожной одежды должна отвечать следующим обязательным требованиям:

- прочность в целом и прочность покрытия даже в самые неблагоприятные по степени увлажнения земляного полотна периоды года;
- ровность, обеспечивающая безопасное и комфортабельное движение автомобилей с расчетными скоростями;
- шероховатость, обеспечивающая эффективное торможение автомобилей в случае экстренной необходимости, а также безопасное движение (без заносов) с расчетными скоростями даже по закруглениям в плане с минимальными радиусами;
- беспыльность. Дорожные одежды, не отвечающие этому требованию, ухудшают видимость, создают дискомфорт при эксплуатации автомобильных дорог;
- надежность. Дорожные одежды должны выполнять свои функции в течение длительного расчетного отрезка времени, т.е. в течение нормативного срока до очередного капитального ремонта;
- экономичность. Поскольку дорожные одежды – это чрезвычайно дорогие элементы автомобильных дорог, то поиск наиболее экономичных конструкций является исключительно важным этапом проектирования автомобильных дорог, в сильной степени определяющим строительную стоимость и экономическую эффективность инвестиций в дорожное строительство.

1.3 Классификация дорожных одежд

В зависимости от особенностей работы при воздействии внешних нагрузок (по механическим свойствам) все дорожные одежды делят на *нежесткие*, слабо сопротивляющиеся изгибу, и *жесткие*, сопротивляющиеся изгибающим моментам.

Нежесткие дорожные одежды устраивают из различных видов асфальтобетонов, каменных материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабосвязанных зернистых материалов (щебня, гравия и т.п.). Конструкции жестких дорожных одежд включают основания или покрытия из цемента-

бетона (монолитный, укатываемый бетон, железобетон и т.п.).

По общей прочности дорожные одежды подразделяют на четыре типа (рис.1.2).

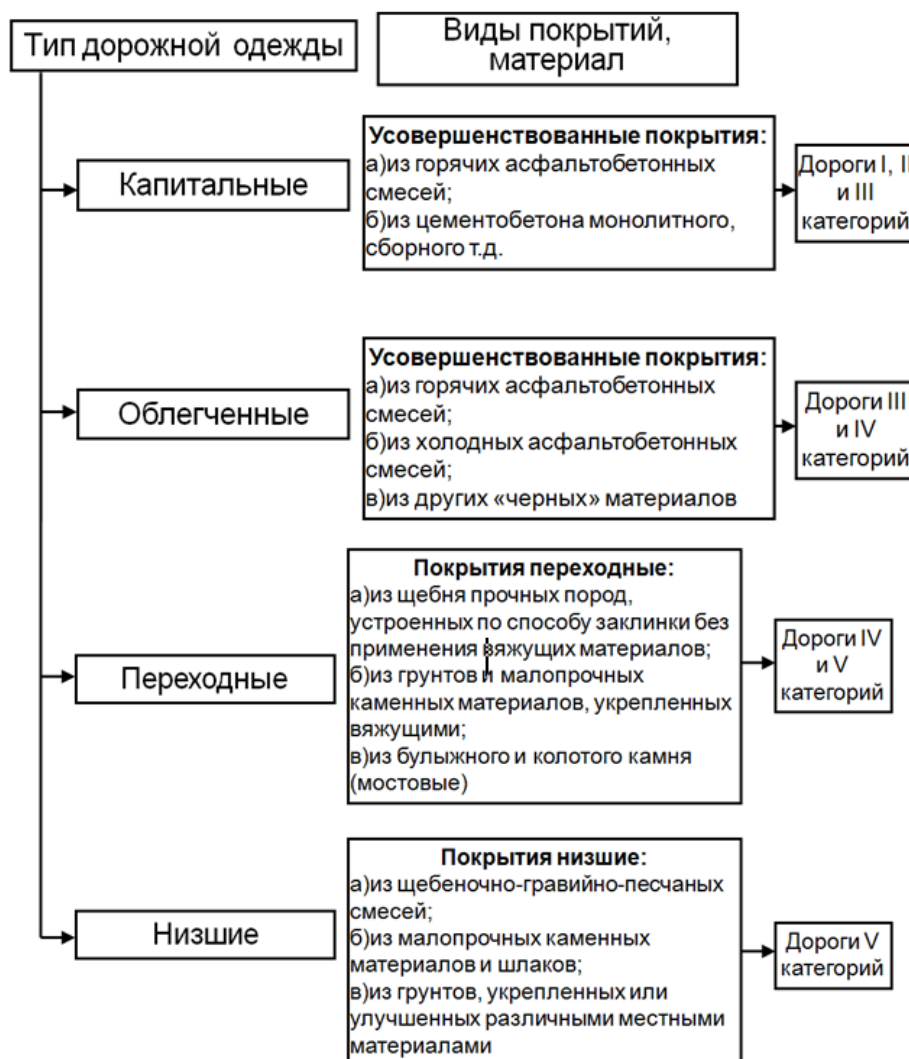


Рис.1.2 – Классификация дорожных одежд по общей прочности

1.4 Конструирование дорожной одежды

Проектирование дорожной одежды включает два этапа:

1 этап – **конструирование** – выбор для дорожной одежды наиболее подходящих в данных условиях материалов, исходя из местных ресурсов и соображений наилучшей организации строительных работ, определение оптимальных толщин слоев и размещение их по глубине;

2 этап – конструктивные расчеты – обоснование необходимых толщин слоев ДО и всей конструкции в целом с обеспечением равнопрочности всех вариантов конструкции в соответствии с расчетными параметрами перспективного транспортного потока.

Процедура конструирования дорожной одежды включает:

- выбор вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов

для устройства слоев;

- размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;
- предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- предварительную оценку необходимости назначения мер по усилению конструкции, а также по повышению трещиностойкости конструкции;
- оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;
- предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.

При конструировании дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

- дорожная одежда должна удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям (предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения с учетом изменения интенсивности движения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания);
- конструкция одежды может быть принята типовой или разработана индивидуально для каждого участка с одинаковыми расчетными нагрузками;
- в районах, недостаточно обеспеченных стандартными каменными материалами, необходимо применять местные каменные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими;
- конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов;
- при конструировании необходимо учитывать реальные условия проведения строительных работ (летняя или зимняя технология и т.д.)
- минимальная толщина конструктивных слоев должна соответствовать технологическим условиям (табл.1.1) [1].

Таблица 1.1

Минимальные толщины конструктивных слоев по технологическим условиям

Материалы покрытий и других слоев дорожной одежды	Толщина слоя, см
Щебеночно-мастичный асфальтобетон (до 10 мм) и песчаный асфальтобетон (до 5 мм)	3
Мелкозернистый асфальтобетон (до 20 мм)	5
Крупнозернистый асфальтобетон (с размером зерен до 40 мм)	7
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим:	
на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
на песчаном основании	15
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10

Примечания:

1. Большие толщины асфальтобетонных покрытий следует принимать для дорог I и II категорий, меньшие — для дорог III и IV категорий.

2. Толщину конструктивного слоя необходимо принимать не менее чем 1,5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

3. В случаях укладки каменных материалов на глинистые и суглинистые грунты следует предусматривать прослойку толщиной не менее 10 см из песка, высевок, укрепленного грунта или других водостойчивых материалов.

1.5 Нагрузки на дорожную одежду

В соответствии с ГОСТ Р 52748-2007 «Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения» выделяют следующие виды нормативной нагрузки от автотранспортных средств:

- одной двуосной тележки с нагрузкой на ось равной АК (нормативная нагрузка от автомобилей);

- одной четырехосной тележки с нагрузкой на каждую ось равной НК, равномерно распределенной вдоль дороги (нормативная нагрузка от транспортных средств, осуществляющих перевозки тяжеловесных грузов).

Проектирование конструкций дорожных одежд на дорогах общего пользования выполняется на нормативную нагрузку АК, с нагрузкой на ось в зависимости от капитальности дорожной одежды [1]:

115 кН - при капитальной дорожной одежде;

100 кН - при облегченном и переходном типах дорожной одежды;
 130 кН - для дорог, предназначенных для следования тяжеловесных транспортных средств, осуществляющих международные перевозки.

Фактическую интенсивность движения приводят к расчетной нагрузке введением суммарного коэффициента приведения $S_{\text{сум}}$, допускается принимать следующие значения суммарного коэффициент приведения [2, приложение 1, табл.П1.3]:

Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	$S_{\text{сум}}$	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	$S_{\text{сум}}$	0,20
Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	$S_{\text{сум}}$	0,70
Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	$S_{\text{сум}}$	1,25
Автобусы	$S_{\text{сум}}$	0,70

1.6 Расчеты нежестких дорожных одежд

Прочность нежесткой дорожной одежды – способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной многократной или длительной однократной), приложенной к поверхности покрытия.

Критерии расчета дорожной одежды нежесткого типа на прочность:

- расчет на прочность в целом по допустимому упругому прогибу в наиболее неблагоприятный по степени увлажнения период года исходя из суммарного расчетного числа приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности дорожной конструкции за расчетный срок службы;
- расчет несвязных конструктивных слоев и подстилающего грунта на устойчивость против сдвига;
- расчет конструктивных слоев из монолитных материалов на усталостные растягивающие напряжения при изгибе.

Дополнительные конструктивные расчеты дорожной одежды нежесткого типа:

- расчет дорожной одежды на морозоустойчивость;
- расчет осушения верха земляного полотна и дорожной одежды.

В соответствии с ОДН 218.046-01 нежесткую дорожную одежду про-

ектируют с требуемым уровнем надежности.

Уровень надежности – вероятность безотказной работы дорожной одежды в течение межремонтного срока.

Прочность нежесткой дорожной одежды количественно оценивают величиной требуемого коэффициента прочности ($K_{ПР}^{TP}$) [2].

Значения коэффициентов K_P^{TP} и $K_{ПР}^{TP}$ на последний год службы перед очередным капитальным ремонтом назначают в зависимости от:

- от типа дорожной одежды;
- категории дороги;
- заданного уровня надежности.

При оценке прочности конструкции в целом по допустимому упругому прогибу коэффициент прочности определяют [2]:

$$K_{np} = \frac{l_{дон}}{l} = \frac{E_{общ}}{E_{общ}^{mp}}, \quad (1.1)$$

При оценке прочности отдельных конструктивных слоев по допустимым напряжениям коэффициент прочности определяют:

$$K_{np} = \frac{\sigma_{дон}}{\sigma_{расч}}, \quad (1.2)$$

где: $l_{дон}$ – допустимый общий прогиб конструкции дорожной одежды под расчетной нагрузкой;

l – общий прогиб конструкции дорожной одежды под расчетной нагрузкой;

$E_{общ}$ – расчетный общий модуль упругости конструкции дорожной одежды, определяемый при расчетной нагрузке;

$E_{общ}^{mp}$ – требуемый общий модуль упругости конструкции дорожной одежды, определяемый при расчетной нагрузке;

$\sigma_{дон}$ – допустимые напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки;

$\sigma_{расч}$ – действующие напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки.

Прочности конструкции обеспечена, если фактический коэффициент прочности больше или равен требуемому коэффициенту прочности:

$$K_{np} \geq K_{ПР}^{TP}, \quad (1.3).$$

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Последовательность расчета дорожной одежды при выполнении курсовой работы включает в себя следующие этапы:

1. Определение интенсивности и требуемого модуля упругости;
2. Конструирование дорожной одежды;
3. Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу;
4. Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости;
5. Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе;
6. Расчет конструкции по условию морозоустойчивости;
7. Определение толщины дренающего слоя.

2.1 Определение интенсивности и минимального модуля упругости

Минимальный требуемый общий модуль упругости определяется по формуле [2]:

$$E_{\min} = 98,65 \cdot (\lg(\sum N_p) - c), \text{ МПа} \quad (2.1)$$

где: $\sum N_p$ - суммарное расчетное число приложений нагрузки к точке на поверхность конструкции за срок службы дорожной одежды (формула 2.2);

c – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН - 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05 [2, п.3.25].

Суммарное расчетное число приложений нагрузки к точке на поверхность конструкции за срок службы дорожной одежды, определяется по формуле:

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q(T_{cl}-1)} T_{pdg} k_n, \quad (2.2)$$

где: N_p – приведенная интенсивность к расчетному автомобилю на последний год срока службы (определяется по формуле 2.3 настоящих методических указаний);

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам (принимается в соответствии с заданием);

K_c – коэффициент суммирования, учитывающий прирост интенсивности движения по годам (q) и расчетный срок службы (T_{cl}) (формула 2.4);

T_{cl} – расчетный срок службы [2, приложение 6, табл.П.6.2];

T_{pdg} – расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции [2, приложение 6, табл.П.6.1];;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого [2, п.3.23, табл. 3.3].

Приведенная интенсивность к расчетному автомобилю на последний год срок службы определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{\text{мессу}}, \text{ ед/сут}, \quad (2.3)$$

где: $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним [2, табл.3.2];

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки (по заданию);

m – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

$S_{\text{мессу}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке [2, приложение 1].

Коэффициент суммирования определяется по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1}. \quad (2.4)$$

Независимо от результата, полученного по формуле (2.1), требуемый минимальный модуль упругости должен быть не менее указанного в ОДН218-046-01 [2, табл.3.4].

2.2 Конструирование дорожной одежды нежесткого типа

Используя вышеизложенные принципы конструирования (см. п.1.4) и с учетом минимальных толщин конструктивных слоев (табл.1.1), разрабатывается конструктивная схема дорожной одежды, с указанием типов, марок и видов материалов, применяемых в конструкции (рис.2.1).

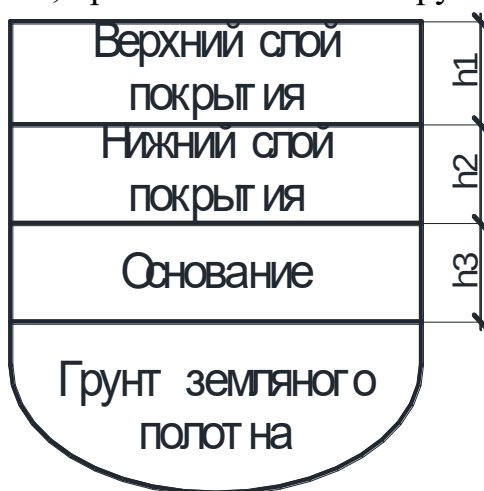


Рис.2.1 - Конструктивная схема дорожной одежды

Приводятся все характеристики конструктивных слоев.

Расчетные характеристики материала принимаются в соответствии с ОДН218.046-01 [2, приложения 2, 3, 4, 5].

2.3 Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу

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

$$E_{об} \geq E_{\min} \cdot K_{np}^{mp}, \quad (2.5)$$

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

$E_{\min}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

K_{np}^{mp} – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности [2, п.3.6, табл.3.1].

Общий расчетный модуль упругости конструкции определяют с помощью номограммы [2, рис.3.1], построенной по решению теории упругости для модели многослойной среды.

Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной ведут послойно, начиная с подстилающего грунта (см. рис.2.2).

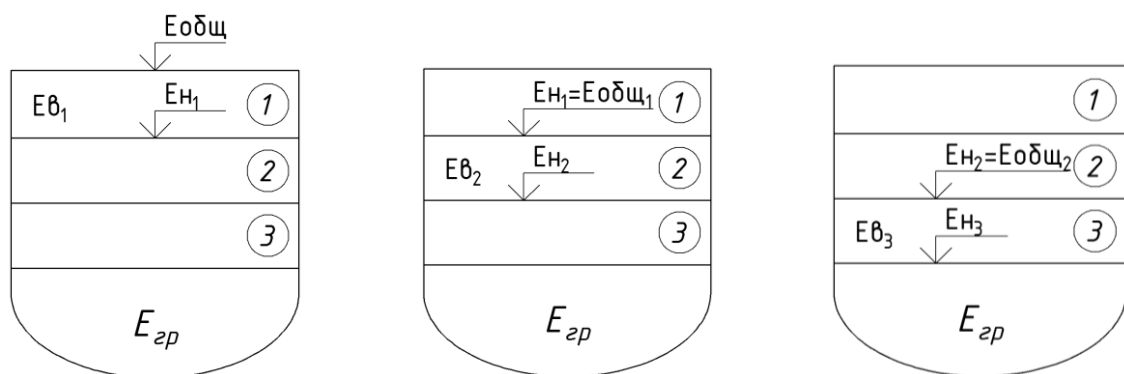


Рис.2.2 - Схема приведения многослойной системы к эквивалентной однослойной

Значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, необходимо принимать во всех климатических зонах при температуре $+10^{\circ}\text{C}$ по [2, приложение 3, табл.П.3.2].

Расчет по допустимому упругому прогибу (по требуемому модулю деформации) ведут в следующей последовательности:

1. Определяют требуемый минимальный общий модуль конструкции по формуле 2.1.

2. Назначают модули и предварительно толщины слоев конструкции (кроме толщины основания).

3. Выполняя расчет конструкции сверху вниз, определяют с помощью номограммы [2, рис.3.1] требуемые модули на поверхности каждого конструктивного слоя (рис.2.2).

4. Выполняя расчет конструкции снизу вверх, определяют толщину основания (при заданном его модуле), обеспечивающую необходимый модуль на поверхности основания, полученный при расчете сверху.

Расчет по допустимому упругому прогибу удобней всего выполнить по форме таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Расчет дорожной одежды по допустимому упругому прогибу

Материал	Модуль упругости материала конструктивного слоя, МПа	Толщина, см	Отношение толщины слоя (h) к диаметру отпечатка колеса (D), h/D	Модуль упругости на поверхности, МПа
Верхний слой покрытия	E_1	h_1	h_1/D	$E_{общ}$
Нижний слой покрытия	E_2	h_2	h_2/D	$E_{общ1}$
Основание	E_3	$h_3 - ?$	h_3/D	$E_{общ2}$
Грунт земляного полотна	$E_{гр}$	–	–	E_n

Параметры нагрузки – диаметр отпечатка колеса (D), нормативная статическая нагрузка на поверхность от колеса расчетного автомобиля ($Q_{расч}$), давление (p) – определяется в соответствии с [2, приложение 1] в зависимости от типа расчетной нагрузки.

2.4 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости

Дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{np}}{K_{np}^{mp}}, \quad (2.6)$$

где: K_{np}^{mp} – требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности [2, п.3.6, табл.3.1];

T – активное расчетное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки (определяется по формуле 2.7);

T_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг (определяется по формуле 2.8).

Активное расчетное напряжение сдвига в расчетной точке конструкции от действующей временной нагрузки определяется по формуле:

$$T = \tau_n \cdot p, \text{ МПА} \quad (2.7)$$

где: τ_n – активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяется с помощью номограмм [2, рис. 3.2 и рис.3.3];

p – расчетное давление от колеса на покрытие [2, приложение 1].

Предельная величина активного напряжения сдвига в конструкции определяется по формуле:

$$T_{np} = C_N K_o + 0,1 \cdot \gamma_{cp} \cdot Z_{on} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cm}, \text{ МПА} \quad (2.8)$$

где: C_N – сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), принимаемое с учетом повторности нагрузки, МПа [3, приложение 3, табл. П.3.4 или табл.П3.6];

K_o – коэффициент, учитывающий особенности рабочей конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания [2, п. 3.35]. При устройстве нижнего слоя из укрепленных материалов, а также при укладке на границе «основание-песчаный слой» разделяющей геотекстильной прослойки, следует принимать значения K_o равным:

4,5 - при использовании в песчаном слое крупного песка;

4,0 - при использовании в песчаном слое песка средней крупности;

3,0 - при использовании в песчаном слое мелкого песка;

1,0 - во всех остальных случаях;

Z_{on} – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигустойчивость, от верха конструкции, см;

γ_{cp} – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³ (определяется по формуле 2.9);

φ_{cm} – величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки [3, приложение 3, табл. П.3.4 или табл.П.3.6].

Средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев определяется по формуле:

$$\gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma \cdot h_i}{\sum h_i}, \text{ кг/см}^3 \quad (2.9)$$

где: γ – удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³;

h_i – толщина конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, см.

При практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по сдвигустойчивости грунта земляного полотна в качестве нижнего принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего - всю дорожную одежду.

Толщину верхнего слоя h_e равна сумме толщин слоев одежды.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле:

$$E_e = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{\sum h_i}, \text{ МПа} \quad (2.10)$$

где: E_e – средневзвешенный модуль упругости, МПа;

E_i – модуль упругости i -го слоя, МПа;

h_i – толщина i -го слоя, м.

При расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают для соответствующих температур, указанных в табл.2.2 [2].

Таблица 2.2

Температура покрытия при расчете дорожной одежды по условию сдвигоустойчивости

Дорожно-климатическая зона	I-II	III	IV	V
Расчетная температура покрытия	+20	+30	+40	+50

Расчет дорожной одежды по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожных одежд ведут в следующей последовательности [2, п.3.37]:

1) назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в ранний весенний (расчетный) период (табл.2.2) [2, приложение 3, табл.П.3.2);

2) назначают (с учетом расчетной влажности и общего числа воздействия нагрузки) расчетные прочностные характеристики C и ϕ грунта земляного полотна и песка промежуточного слоя одежды (если таковой имеется) [3, приложение 3, табл. П.3.4 или табл.П3.6]. Остальные расчетные характеристики грунта и материалов остаются теми же, что и в расчете по упругому прогибу.

3) определяют активные напряжения сдвига τ_n от единичной временной нагрузки [2, рис.3.2 или рис.3.3]. Для этого приводят многослойную конструкцию к двухслойным моделям, как указано выше;

4) по формуле 2.7 вычисляют расчетное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;

г) по формуле 2.8 вычисляют предельное напряжение сдвига;

д) по формуле 2.6 проверяют выполнение условия прочности (с учетом требуемой надежности);

е) при необходимости, изменяя толщины конструктивных слоев, подбирают конструкцию, удовлетворяющую условию 2.6.

2.5 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, дегтебетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими и др.), возникающие при прогибе одежды напряжения под действием повторных кратковременных нагрузок, не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения. Для этого должно быть обеспечено условие:

$$\sigma_r \leq \frac{R_N}{K_{np}^{mp}} \quad (2.11)$$

где: K_{np}^{mp} – требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности [2, п.3.6, табл.3.1];

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом (формула 2.12);

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений (определяются по формуле 2.13).

Наибольшее растягивающее напряжение в слое определяется по формуле:

$$\sigma_r = \sigma_r^{cp} \cdot p \cdot k_\varepsilon, \text{ МПа} \quad (2.12)$$

где: σ_r^{cp} – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяется по номограмме [2, рис. 3.4];

p – расчетное давление, МПА [2, приложение 1];

k_ε – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном. Принимают равным 0,85 (при расчете на однобаллонное колесо $k_\varepsilon = 1,00$).

Прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений определяют по формуле:

$$R_N = R_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot (1 - v_R \cdot t), \text{ МПа} \quad (2.13)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки, принимаемое по табличным данным, МПА [2, приложение 3, табл.П.3.1];

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности в следствии усталых явлений (определяется по формуле 2.14);

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов (табл. 2.3);

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение [2, приложение 4, табл. П.4.1];

t – коэффициент нормированного отклонения [2, приложение 4, табл. П.4.2].

Коэффициента, учитывающий снижение прочности в следствии усталых явлений определяется по формуле:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (2.14)$$

где: $\sum N_p$ – расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, с учетом числа расчетных суток за срок службы (см.п.2.1 настоящих методических указаний);
 m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя [2, приложение 3, табл. П.3.1];
 α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения по времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Таблица 2.3

Значение коэффициентов (k_2), учитывающих снижение прочности во времени от воздействия природно-климатических факторов

№ п/п	Материал расчетного слоя	Значение коэффициента k_2
1	Асфальтобетон высокоплотный	1
2	Асфальтобетон плотный I марки II марки III марки	0,95 0,90 0,80
3	Асфальтобетон пористый и высокопористый	0,80
4	Органоминеральные смеси	0,80

Расчет на усталостную прочность выполняют в следующем порядке:

1) приводят конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой модели - часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, то есть основание и грунт рабочего слоя;

2) определяют отношения $\frac{h_g}{D}, \frac{E_g}{E_{np}}$;

3) по полученным параметрам по номограмме [2, рис.3.4] находят значение σ_r^{cp} и по формуле 2.12 вычисляют расчетное растягивающее напряжение σ_r ;

4) вычисляют предельное растягивающее напряжение по формуле 2.13. В пакете асфальтобетонных слоев за предельное растягивающее напряжение R_N принимают значение, отвечающее материалу нижнего слоя асфальтобетонного пакета;

5) проверяют условие 2.11 и при необходимости корректируют кон-

струкцию.

2.6 Расчет конструкции по условию морозоустойчивости

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$$l_{нуч} \leq l_{дон}, \quad (2.15)$$

где: $l_{нуч}$ – расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна, см., определяется по формуле 2.16);

$l_{дон}$ – допускаемое для данной конструкции пучение грунта [2, табл.4.3].

При предварительной проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения ($l_{нуч}$) следует определять по формуле

$$l_{нуч} = l_{нуч.ср.} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{ПЛ} \cdot K_{ГР} \cdot K_{Вл} \cdot K_{нагр}, \text{ см} \quad (2.16)$$

где: $l_{нуч.ср.}$ – величина морозного пучения при осредненных условиях, определяемая в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости и глубины промерзания ($z_{нр}$). При глубине промерзания ($z_{нр}$) дорожной конструкции до 2 метров $l_{нуч.ср.}$ устанавливают по графикам [2, рис.4.3], при глубине промерзания от 2,0 до 3,0 метров величину $l_{нуч.ср.}$ устанавливают расчетом по формуле 2.18 [2, п.4.6];

$K_{УГВ}$ – коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [2, рис. 4.1], при отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод $K_{УГВ}$ следует принимать: для супеси тяжелой и пылеватой и суглинка 0,53; для песка и супеси легкой и крупной 0,43;

$K_{ПЛ}$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [2, табл. 4.4];

$K_{ГР}$ – коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки, [2, табл. 4.5];

$K_{Вл}$ – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта, [2, табл. 4.6];

$K_{НАГР}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания [2, рис. 4.2].

Глубины промерзания определяется по формуле:

$$z_{нр} = z_{нр.ср.} \cdot 1,38, \text{ см} \quad (2.17)$$

где $z_{нр.ср.}$ – средняя глубина промерзания [2, рис.4.4].

При глубине промерзания $z_{нр}$ от 2,0 до 3,0 метров величину $l_{нуч.ср.}$ устанавливают расчетом по формуле:

$$l_{нуч.ср.} = l_{нуч.ср.2,0} \cdot [a + b \cdot (z_{нр} - c)], \text{ см.} \quad (2.18)$$

где: $l_{нуч.ср.2,0}$ – величина морозного пучения при глубине промерзания $z_{нр}=2,0$ метра, устанавливается по графику [2, рис.4.3];

a – параметр, равный 1,0;

b – параметр, равный 0,16;

c – параметр, равный 2,0 при $2,0 < z_{пр} < 2,5$.

Расчет на морозоустойчивость выполняют в следующем порядке:

1) определяют величину допустимого пучения для данной конструкции дорожной одежды $l_{дон}$ [2, табл.4.3];

2) по формуле 2.16 определяют расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна $l_{пуч}$;

3) проверяют условие 2.15 и при необходимости корректируют конструкцию (например, введением дополнительного морозозащитного слоя).

2.7 Определение толщины дренирующего слоя

Полную толщину дренирующего слоя определяют по формуле:

$$h_n = h_{нас} + h_{зан}, \text{ м} \quad (2.19)$$

где: $h_{нас}$ – толщина слоя, полностью насыщенного водой, м;

$h_{зан}$ – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала и равная для песков крупных 0,10-0,12 м, средней крупности 0,14-0,15 м и мелких 0,18-0,20 м. Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя следует принимать не менее 0,20 м.

Для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, величину $h_{нас}$ устанавливают с помощью номограмм [2, рис.5.1 и рис.5.2] в зависимости от длины пути фильтрации L и расчетной величины притока воды в дренирующий слой на 1 м^2 q_p , определяемой по формуле:

$$q_p = \frac{q \cdot K_n \cdot K_z \cdot K_{вог} \cdot K_p}{1000}, \text{ м}^3/\text{м}^2\text{сут} \quad (2.20)$$

где: q – осредненное (табличное) значение притока воды в дренирующий слой при традиционной конструкции дорожной одежды, отнесенное к 1 м^2 проезжей части, л/м²сут [2, табл. 5.3];

K_n – коэффициент “пик”, учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков [2, табл. 5.4];

K_z – коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги [2, табл. 5.4];

$K_{вог}$ – коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона, определяемый при одинаковом направлении участков профиля у перелома по номограмме [2, рис. 5.3];

K_p – коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима [2, табл. 5.5].

3 ПРИМЕР РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Исходные данные для выполнения курсовой работы принимаются в соответствии с Приложением А по вариантам.

Ниже представлен пример расчета конструкции дорожной одежды нежесткого типа, выполненный в соответствии с ОДН218.046-01 и п.2 настоящих методических указаний.

Исходные данные принятые для расчета представлены в табл.3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета дорожной одежды

Параметр	Значение
Категория дороги	III
Район проектирования	г. Ижевск
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая
Тип местности по условиям увлажнения	2
Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	1740 авт/сут
Состав движения:	
легковые	12 %
грузовые автомобили грузоподъемностью:	
до 2 т	50 %
от 2 до 5 т	12 %
от 5 до 8 т	6 %
от 8 до 14 т	16 %
автобусы	4 %
Уровень надежности	0,95
Тип дорожной одежды	Капитальный
Показатель изменения интенсивности движения каждого типа автомобиля по годам	1,02
Основание	Щебень с заклинкой асфальтобетонной смесью

В соответствии с [1, приложение Б] район проектирования (г.Ижевск) относится к II дорожно климатической зоне, 2 подзоне (II₂)

3.1 Определение интенсивности и требуемого модуля упругости

В соответствии с п.2.1 по формуле 2.3 определяем приведенную интенсивность на последний год срока службы.

Коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним для дороги III категории с двумя полосами движения $f_{пол} = 0,55$ [2, табл.3.2].

Приведенная интенсивность движения:

$$N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{мссу} = 0,55 \cdot (1740 \cdot 0,0 \cdot 0,12 + 1740 \cdot 0,005 \cdot 0,50 + 1740 \cdot 0,2 \cdot 0,12 + 1740 \cdot 0,7 \cdot 0,06 + 1740 \cdot 1,25 \cdot 0,16 + 1740 \cdot 0,7 \cdot 0,04) = 283,75 \text{ авт/сут.}$$

По формуле 2.4 определяем коэффициент суммирования:

$$K_c = \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1} = \frac{1,02^{15} - 1}{1,02 - 1} = 17,29.$$

Расчетный срок службы для дороги III категории с капитальным типом дорожной одежды принят $T_{cl}=15$ лет [2, приложение 6, табл.П.6.2].

Определяем суммарное расчетное число приложений нагрузки к точке на поверхность конструкции за срок службы дорожной одежды по формуле 2.2.

Расчетное число дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции $T_{pdg}=135$ (г.Ижевск, 4 район) [2, приложение 6, табл.П.6.1].

Коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого $k_n=1,38$, для дороги III категории с капитальным типом дорожной одежды [2, п.3.23, табл. 3.3].

Суммарное расчетное число приложений нагрузки:

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{co}-1)}} T_{pdg} k_n = 0,7 \cdot 283,75 \cdot \frac{17,29}{1,02^{(15-1)}} \cdot 135 \cdot 1,38 = 484\,887$$

В соответствии с п.2.1 по формуле 2.1 находим минимальное значение требуемого общего модуля упругости:

$$E_{\min} = 98,65 \cdot (\lg(\sum N_p) - c) = 98,65 \cdot (\lg(484887) - 3,55) = 210,68 \approx 211 \text{ МПа.}$$

Эмпирический параметр принят для нагрузки на ось 100 кН – $c=3,55$.

3.2 Конструирование дорожной одежды нежесткого типа

Используя вышеизложенные принципы конструирования [см. п.1.4] и с учетом минимальных толщин конструктивных слоев, разрабатываем конструкцию дорожной одежды (рис.3.1).



Рис. 3.1 – Конструктивная схема дорожной одежды

Уровень надежности принят согласно заданию 0,95.

Требуемый коэффициент прочности K_{np}^{mp} по критерию упругого прогиба составляет 1,17, а по критерию сдвига и растяжения при изгибе 1,00 для дороги III категории с капитальным типом дорожной одежды [2, табл. 3.1].

**Характеристика материалов конструктивных слоев и
грунта земляного полотна:**

1. Щебеночно-мастичный асфальтобетон на битуме БНД 90/130

Расчетный модуль упругости:

- при расчете на упругий прогиб $E = 2400$ МПа (при температуре $+10$ °С [2, приложение 3, табл. П.3.2];
- при расчете на сдвигоустойчивость $E = 1200$ МПа (при температуре $+20$ °С для II дорожно-климатической зоны [2, приложение 3, табл. П.3.2];
- при расчете на растяжение при изгибе $E = 4600$ [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Нормативные значения сопротивление растяжению при изгибе R_o , МПа – 9,5 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя m составляет 5,0 [2, приложение 3, таблица П.3.1].

Коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности α равен 5,4 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

2. Плотный асфальтобетон (из мелкозернистой смеси на битуме БНД 90/130)

Расчетный модуль упругости:

- при расчете на упругий прогиб $E = 2400$ МПа (при температуре $+10$ °С [2, приложение 3, табл. П.3.2];
- при расчете на сдвигоустойчивость $E = 1200$ МПа (при температуре $+20$ °С для II дорожно-климатической зоны [2, приложение 3, табл. П.3.2];
- при расчете на растяжение при изгибе $E = 3600$ [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Нормативные значения сопротивление растяжению при изгибе R_o , МПа – 9,5 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя m составляет 5,0 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности α равен 5,4 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

3. Пористый асфальтобетон (из крупнозернистой смеси на битуме БНД 90/130)

Расчетный модуль упругости:

- при расчете на упругий прогиб $E = 1400$ МПа (при температуре $+10$ °С [2, приложение 3, табл. П.3.2];

- при расчете на сдвигоустойчивость $E = 800$ МПа (при температуре $+20$ °С для II дорожно-климатической зоны [2, приложение 3, табл. П.3.2];

- при расчете на растяжение при изгибе $E = 2200$ [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Нормативные значения сопротивления растяжению при изгибе R_o , МПа – 7,80 [2, табл. П.3.1].

Показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя m составляет 4,0 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности α равен 6,3 [2, приложение 3, табл. П.3.1].

4. Щебень с заклинкой асфальтобетонной смесью

Расчетный модуль упругости E , МПа – 500 [2, табл. П.3.9].

5. Супесь пылеватая

Расчетный модуль упругости грунта $E_{гр} = 46$ МПа [2, табл. П.2.5].

Угол внутреннего трения, град $\varphi_{zp} = 17^0$ [3, приложение 3, табл. П.3.4].

Сцепление грунта, МПа $C_{гр} = 0,006$ МПа [3, приложение 3, табл. П.3.4].

Угол внутреннего трения и сцепление грунта приняты для $\sum N_p = 484887$ ($\sum N_p = 10^4$) см расчет выше в п.3.1.

Среднее значение влажности $\bar{W}_{таб}$ грунта, доли от W_T - 0,70 (для II₂ дорожно-климатической зоны, второго типа местности по условиям увлажнения [2, табл. П.2.1].

3.3 Расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу

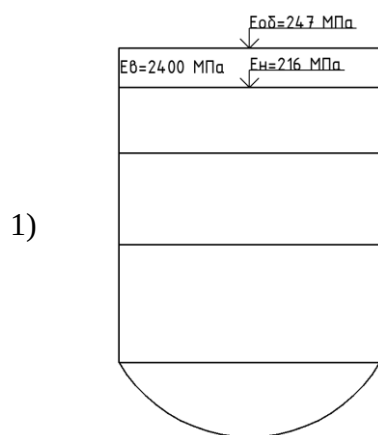
В соответствии с п.2.3 производим расчет конструкции по допускаемому упругому прогибу.

Общий модуль упругости дорожной одежды, определяется по формуле 2.5:

$$E_{об} \geq E_{\min} \cdot K_{np}^{mp} = 211 \cdot 1,17 = 246,87 \approx 247 \text{ МПа.}$$

Диаметр отпечатка колеса $D = 37$ см - для движущего колеса; $D = 33$ см – для неподвижного, статическая нагрузка на ось от расчетного автомобиля $Q_{расч} = 50$ кН; давление $p = 0,60$ МПа). Параметры приняты для нагрузки – 100 кН (группа расчетной нагрузки А₁ по ОДН218.046-01).

Расчет выполняется последовательно сверху вниз, с приведением системы от многослойной к однослойной:

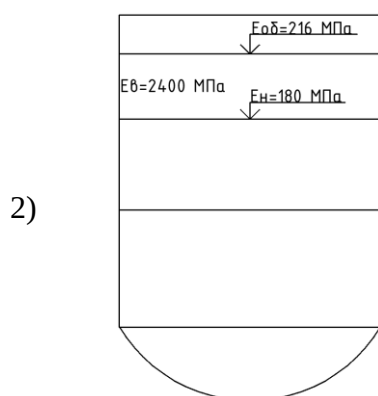


$$\frac{E_{об}}{E_г} = \frac{247}{2400} = 0,103;$$

$$\frac{h}{D} = \frac{3}{37} = 0,08;$$

по номограмме [2, рис.3.1] $\Rightarrow \frac{E_н}{E_г} = 0,09$

$\Rightarrow E_н = E_г \cdot 0,09 = 2400 \cdot 0,09 = 216 \text{ МПа}$ на поверхности плотного асфальтобетона

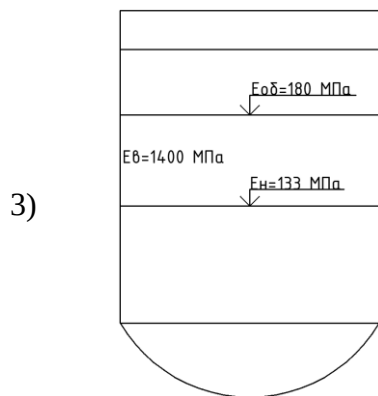


$$\frac{E_{об}}{E_г} = \frac{168}{2400} = 0,09;$$

$$\frac{h}{D} = \frac{5}{37} = 0,135;$$

по номограмме [2, рис.3.1] $\Rightarrow \frac{E_н}{E_г} = 0,075$

$\Rightarrow E_н = E_г \cdot 0,075 = 2400 \cdot 0,075 = 180 \text{ МПа}$ на поверхности пористого асфальтобетона

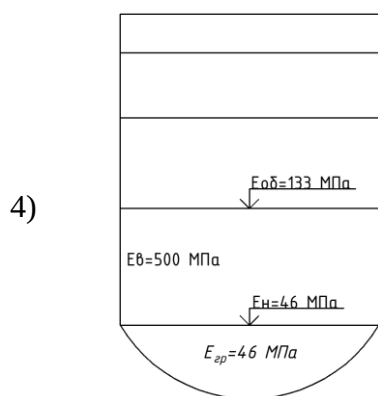


$$\frac{E_{об}}{E_г} = \frac{180}{1400} = 0,13;$$

$$\frac{h}{D} = \frac{7}{37} = 0,189;$$

по номограмме [2, рис.3.1] $\Rightarrow \frac{E_н}{E_г} = 0,095$

$\Rightarrow E_н = E_г \cdot 0,095 = 1400 \cdot 0,095 = 133 \text{ МПа}$ на поверхности щебеночного основания



$$\frac{E_н}{E_г} = \frac{46}{500} = 0,092;$$

$$\frac{E_{об}}{E_г} = \frac{133}{500} = 0,266;$$

по номограмме [2, рис.3.1] $\Rightarrow \frac{h}{D} = 0,77;$

$\Rightarrow h = D \cdot 0,77 = 37 \cdot 0,77 = 28,5 \approx 29 \text{ см}$ Принимаем толщину щебня с заклиной из а/б смеси 29 см.

В табл.3.2 представлены результаты расчета дорожной одежды по допустимому упругому прогибу.

Таблица 3.2

Характеристика материалов конструктивных слоев дорожной одежды, результаты расчета по упругому прогибу

Материал	Модуль упругости материала конструктивного слоя, МПа	Толщина, см	Отношение толщины слоя (h) к диаметру отпечатка колеса (D), h/D	Модуль упругости на поверхности, МПа
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	2400	3	0,081	247
Плотный асфальтобетон	2400	5	0,135	216
Пористый асфальтобетон	1400	7	0,189	180
Щебень с заклинкой асфальтобетонной смесью	500	? (29)	0,77	133
Супесь пылеватая	46	—	—	46

3.4 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости

При расчете на сдвигоустойчивость многослойная конструкция дорожной одежды приводится к двухслойной модели: нижний слой – грунт земляного полотна (супесь пылеватая); верхний – все вышележащие конструктивные слои.

В соответствии с п.2.4 и формулой 2.10 находим средневзвешенный модуль упругости конструкции «верхнего» слоя:

$$E_{\text{с}} = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{1200 \cdot 3 + 1200 \cdot 5 + 800 \cdot 7 + 500 \cdot 29}{(3 + 5 + 7 + 29)} = 675 \text{ МПа.}$$

Определяем отношение модуля упругости верхнего и нижнего слоя для двухслойной модели:

$$\frac{E_{\text{с}}}{E_{\text{н}}} = \frac{675}{46} = 14,67.$$

Определяем отношение толщины верхнего слоя к диаметру отпечатка колеса:

$$\frac{h}{D} = \frac{3 + 5 + 7 + 29}{37} = 1,19$$

По номограмме [2, рисунок 3.2] определяем активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки $\tau_n = 0,018$.

Угол внутреннего трения, град $\varphi_{\text{ср}} = 17^0$ [3, приложение 3, табл. П.3.4].

Сцепление грунта, МПа $C_{\text{гр}} = 0,006$ МПа [3, приложение 3, табл. П.3.4].

Угол внутреннего трения и сцепление грунта приняты для $\sum N_p = 484887$ ($\sum N_p = 10^4$ см. расчет выше в п.3.1).

В соответствии с п.2.4 по формуле 2.7 определяем активное расчетное напряжение сдвига в расчетной точке конструкции от действующей временной нагрузки:

$$T = \tau_n \cdot p = 0,018 \cdot 0,6 = 0,0108 \text{ МПа};$$

В соответствии с п.2.4 по формуле 2.9 определяем средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев для «верхнего» слоя двухслойной модели:

$$\gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{0,0029 \cdot 3 + 0,00234 \cdot 5 + 0,0022 \cdot 7 + 0,0018 \cdot 29}{(3 + 5 + 7 + 29)} = 0,002 \text{ кг/см}^3$$

Удельный вес конструктивных слоев принят: для щебенисто-мастичного асфальтобетона – $2,9 \text{ т/м}^3 = 0,0029 \text{ кг/см}^3$; для плотного асфальтобетона – $2,34 \text{ т/м}^3 = 0,00234 \text{ кг/см}^3$; для пористого асфальтобетона – $2,20 \text{ т/м}^3 = 0,0022 \text{ кг/см}^3$, для щебня – $1,80 \text{ т/м}^3 = 0,0018 \text{ кг/см}^3$.

В соответствии с п.2.4 по формуле 2.8 определяем предельную величину активного напряжения сдвига в конструкции:

$$T_{np} = C_N K_\phi + 0,1 \cdot \gamma_{cp} \cdot Z_{on} \cdot \text{tg } \varphi_{cm} = 0,006 \cdot 1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 44 \cdot \text{tg } 35^\circ = 0,012 \text{ МПа}$$

Сцепление в грунте земляного полотна принимается с учетом повторяемости нагрузки $C_N = 0,006 \text{ МПа}$ (для $\sum N_p = 10^4$ см. расчет выше в п.3.1), а угол внутреннего трения принимается для статической нагрузки $\varphi_{cm} = 35^\circ$ ($\sum N_p = 1$), [3, приложение 3, табл. П.3.4].

Коэффициент, учитывающий особенности рабочей конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания K_ϕ принят равным 1,0 [2, п. 3.35].

Глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции $Z_{on} = 3 + 5 + 7 + 29 = 44$ см.

В соответствии с п.2.4 по формуле 2.6 проверим конструкцию по условию сдвигоустойчивости:

$$T \leq \frac{T_{np}}{K_{np}}; 0,0108 \leq \frac{0,012}{1,0}; 0,0108 \leq 0,012. \text{ Конструкция удовлетворяет усло-}$$

вию прочности по сдвигу.

3.5 Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

При расчете многослойная конструкция дорожной одежды приводится к двухслойной модели: нижний слой – часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, то есть основание и грунт земляного полотна; верхний – слой асфальтобетонного покрытия.

Для пакета монолитных асфальтобетонных слоев (верхнего слоя модели) находим средневзвешенный модуль упругости по формуле 2.10:

$$E_{\epsilon} = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{4600 \cdot 3 + 3600 \cdot 5 + 2200 \cdot 7}{(3 + 5 + 7)} = 3147 \text{ МПа}.$$

Модуль упругости нижнего слоя модели принимается, как общий модуль упругости на поверхности основания (см. расчет в п.3.3 настоящих методических указаний) $E_n = 133 \text{ МПа}$.

Находим отношение $\frac{E_{\epsilon}}{E_n} = \frac{3147}{133} = 23,86$.

Находим отношение толщины асфальтобетонных слоев к диаметру отпечатка колеса $\frac{h}{D} = \frac{3 + 5 + 7}{37} = 0,405$.

По номограмме [2, рис 3.4.] определяем растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку $\sigma_r^{cp} = 2,3$

В соответствии с п.2.5 по формуле 2.12 определяем наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое:

$$\sigma_r = \sigma_r^{cp} \cdot p \cdot \kappa_{\epsilon} = 2,3 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1,17 \text{ МПа};$$

Коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном $\kappa_{\epsilon} = 0,85$ [2, п.3.40].

Определяем коэффициент, учитывающий снижение прочности в следствии усталых явлений по формуле 2.14:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}} = \frac{6,3}{\sqrt[4]{484916,61}} = 0,24$$

Расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, с учетом числа расчетных суток за срок службы $\sum N_p = 484887$ ($\sum N_p = 10^4$) см расчет выше в п.3.1.

Показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя, m и коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения по времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности α принимаются для нижнего слоя асфальтобетонного покрытия $m = 4,0$, $\alpha = 6,3$ [2, приложение 3, табл. П.3.1].

Нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки, принимаемое по табличным данным для нижнего слоя асфальтобетонного покрытия $R_o = 7,8 \text{ МПа}$ [2, приложение 3, табл.П.3.1].

Коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от

воздействия природно-климатических факторов k_2 принимается по табл.2.3 настоящих методических указаний для нижнего слоя асфальтобетонного покрытия $k_2=0,8$.

Коэффициент вариации прочности на растяжение $v_R = 0,1$ [2, приложение 4, табл. П.4.1].

Коэффициент нормированного отклонения $t=1,71$ при заданном уровне надежности 0,95 [2, приложение 4, таб. П.4.2].

В соответствии с п.2.5 по формуле 2.13 определяем прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений:

$$R_N = R_O \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot (1 - v_R \cdot t) = 7,8 \cdot 0,24 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 1,24.$$

В соответствии с п.2.5 проверяем конструкцию на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе по условию 2.11:

$$\sigma_r \leq \frac{R_N}{K_{np}^{mp}}; \quad 1,17 \leq \frac{1,24}{1,0}; \quad 1,17 \leq 1,24. \text{ Конструкция удовлетворяет условию}$$

сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Предложенная конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем условиям прочности.

3.6 Расчет конструкции по условию морозоустойчивости

Определяем величину допустимого пучения для данной конструкции дорожной одежды $l_{don}=4\text{см}$. (для дорожной одежды капитального типа с асфальтобетонным покрытием) [2, табл.4.3].

Определяем средняя глубина промерзания для района проектирования (г.Ижевск) $z_{np.cp.} = 170 \text{ см}$. [2, рис.4.4].

Определяем глубину промерзания по формуле 2.17:

$$Z_{np} = z_{np.cp.} \cdot 1,38 = 170 \cdot 1,38 = 234,6\text{см}.$$

Так как глубина промерзания более 2,0 метров, то среднюю величину пучения определяем по формуле 2.18:

$$l_{пуч.ср.} = l_{пуч.ср.2,0} \cdot [a + v \cdot (z_{np} - c)] = 10 \cdot [1 + 0,16 \cdot (2,346 - 2)] = 10,55\text{см}.$$

Величина морозного пучения $l_{пуч.ср.2,0}$ определена при глубине промерзания $z_{np}=2,0$ метра по графику [2, рис.4.3], грунт земляного полотна – супесь пылеватая – относится IV группе грунта по степени пучинистости [2, табл.4.2)]. Параметры a , v и c принимаются в соответствии с п.2.6 настоящих методических указаний.

Коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод принимается для расчета из условия отсутствия влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных для супеси пылеватой $K_{УГВ} = 0,53$ [2, п.4.4].

Принимаем коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта

рабочего слоя в соответствии с [2, табл. 4.4] $K_{ПЛ} = 1,0$ для грунта земляного полотна – супесь пылеватая, при коэффициенте абсолютного уплотнения 1,01-0,98.

Принимаем коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта в соответствии с [2, таб. 4.6] $K_{Вл} = 1,1$, при относительной влажности 0,7.

Принимаем коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки в соответствии с [2, табл. 4.5] $K_{ГР} = 1,1$.

Принимаем коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания в соответствии с [2, рис. 4.2] $K_{НАГР} = 0,78$.

Определяем величину возможного морозного пучения ($l_{пуч}$) по формуле 2.16:

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср.} \cdot K_{УГВ} \cdot K_{ПЛ} \cdot K_{ГР} \cdot K_{Вл} \cdot K_{нагр} = 10,55 \cdot 0,53 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,78 = 3,35 \text{ см.}$$

Проверяем условие 2.15:

$$l_{пуч} \leq l_{дон}; 3,35 \text{ см} \leq 4,0 \text{ см}$$

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет условию по морозоустойчивости.

3.7 Определение толщины дренирующего слоя

Примем в качестве материал дренирующего слоя – песок мелкий с коэффициентом фильтрации $K_f = 1,0 \text{ м/сут.}$ и определим необходимую толщину дренирующего слоя для данного материала.

Определяем осредненное (табличное) значение притока воды q в дренирующий слой при традиционной конструкции дорожной одежды, отнесенное к 1 м^2 проезжей части в соответствии с [2, табл. 5.3] $q = 3,5 \text{ л/м}^2 \text{ сут}$ (для II дорожно-климатической зоны, грунт земляного полотна – супесь пылеватая, схема увлажнения 2).

Определяем коэффициент “пик”, учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков в соответствии с [2, табл. 5.4] $K_n = 1,6$ (для супеси пылеватой, II дорожно-климатическая зона, 2 тип местности по условиям увлажнения).

Определяем коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги в соответствии с [2, табл. 5.4] $K_z = 1,2$ (для супеси пылеватой, II дорожно-климатическая зона, 2 тип местности по условиям увлажнения, III категория дороги).

Определяем коэффициент, учитывающий накопление воды в местах

изменения продольного уклона по номограмме [2, рис. 5.3] $K_{\text{вог}} = 1,0$ (в расчете принято, то что отсутствуют участки перелома продольного профиля, участок запроектирован горизонтально).

Определяем коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима в соответствии с [2, табл. 5.5] $K_p = 0,45$ (укрепление обочин, II дорожно-климатическая зона, грунт – супесь).

Определяем расчетную величину притока воды в дренирующий слой на 1 м^2 q_p , по формуле 2.20:

$$q_p = \frac{q \cdot K_n \cdot K_z \cdot K_{\text{вог}} \cdot K_p}{1000} = \frac{3,5 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,45}{1000} = 0,003 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \text{ сут}$$

Определяем длину пути фильтрации, (в расчете можно принять $L = B_{\text{нч}}/2 + B_{\text{об}}$, без учета длины дренирующего слоя расположенного в откосной части, $B_{\text{нч}}$ – ширина проезжей части, $B_{\text{об}}$ – ширина обочины): $L = B_{\text{нч}}/2 + B_{\text{об}} = 7,0/2 + 2,5 = 6,0 \text{ м}$.

Определяем толщину слоя, полностью насыщенного водой с помощью номограмм [2, рис.5.1] для дренирующего слоя, работающего по принципу осушения, в зависимости от длины пути фильтрации L и расчетной величины притока воды в дренирующий слой на 1 м^2

$q_p \cdot 3 \cdot h_{\text{нас}} / L = 0,15 \Rightarrow h_{\text{нас}} = \frac{L \cdot 0,15}{3} = \frac{6 \cdot 0,15}{3} = 0,30 \text{ см}$ (двускатный поперечный профиль с уклоном 20 ‰).

По формуле 2.19 определяем полную толщину дренирующего слоя:

$$h_n = h_{\text{нас}} + h_{\text{зан}} = 0,30 + 0,18 = 0,48 \text{ м}$$

Принимаем толщину необходимого дренирующего слоя основания из песка мелкого – 48 см.

Так как ранее дренирующий слой не был учтен в конструкции, необходимо с его учетом выполнить заново расчет конструкции дорожной одежды по всем критериям. В курсовой работе расчет с учетом дренирующего слоя, если он не был учтен ранее, может не выполняться.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*, – М.: Госстрой России, 2021.
2. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд / Гос. служба дор. хоз-ва Минтранса России. - М.: ГП «Информавтодор», 2001. - 145 с.
3. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. Введены в действие распоряжением Минтранса России № ОС-1066-р от 03.12.2003г.- 69 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (вариант №1-№5)

№ п/п	Номер варианта	1	2	3	4	5
	Параметр	Значение				
1.	Категория дороги	III	II	IV	III	II
2.	Район проектирования	Смоленск	Санкт-Петербург	Тюмень	Москва	Оренбург
3.	Грунт земляного полотна	Песок мелкий	супесь тяжелая пылеватая	суглинок легкий	суглинок тяжелый пылеватый	супесь легкая пылеватая
4.	Тип местности по условиям увлажнения	1	2	3	1	2
5.	Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	1425	3150	730	1460	3270
6.	Состав движения:					
	легковые	50	30	44	13	38
	грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т	15	41	19	7	12
	от 2 до 5 т	12	12	16	34	15
	от 5 до 8 т	3	9	5	22	22
	от 8 до 14 т	11	1	4	8	9
	автобусы	9	7	12	16	4
7.	Уровень надежности	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95
8.	Тип дорожной одежды	облегченный	капитальный	капитальный	облегченный	капитальный
9.	Показатель изменения интенсивности движения	1,06	1,05	1,04	1,03	1,06
10.	Основание дорожной одежды	ЩГПС необработанная	ЩГПС, укрепленная цементом М 20	ЩГПС, обработанная зольным вяжущим М60	ч/щебень по способу заклинки	Шлаковая ЩПС С ₂

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (вариант №6-№10)

№ п/п	Номер варианта	6	7	8	9	10
	Параметр	Значение				
1.	Категория дороги	IV	III	II	IV	III
2.	Район проектирования	Воронеж	Хабаровск	Самара	Смоленск	Ростов-на-Дону
3.	Грунт земляного полотна	супесь тяжелая	суглинок легкий пылеватый	суглинок тяжелый	песок мелкий	песок средней крупности
4.	Тип местности по условиям увлажнения	3	1	2	3	1
5.	Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	755	2010	3520	880	2250
6.	Состав движения:					
	легковые	36	30	33	18	32
	грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т	10	29	25	12	3
	от 2 до 5 т	31	14	12	26	34
	от 5 до 8 т	2	6	26	34	8
	от 8 до 14 т	9	18	1	8	7
	автобусы	12	3	31	2	16
7.	Уровень надежности	0,90	0,90	0,98	0,85	0,98
8.	Тип дорожной одежды	облегченный	облегченный	капитальный	капитальный	облегченный
9.	Показатель изменения интенсивности движения	1,05	1,04	1,03	1,06	1,05
10.	Основание дорожной одежды	Шлаковая ЦПС С ₄	ЩГПС, укрепленная цементом М 40	Шлаковая ЦПС С ₁	Щебень С ₆	Щебень С ₃

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (вариант №11-№15)

№ п/п	Номер варианта	11	12	13	14	15
	Параметр	Значение				
1.	Категория дороги	II	IV	III	II	IV
2.	Район проектирования	Пермь	Екатеринбург	Томск	Ханты-Мансийск	Омск
3.	Грунт земляного полотна	песок пылеватый	супесь легкая	супесь тяжелая пылеватая	суглинок легкий	суглинок тяжелый пылеватый
4.	Тип местности по условиям увлажнения	2	3	1	2	3
5.	Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	3050	890	1900	3000	825
6.	Состав движения:					
	легковые	41	16	23	7	22
	грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т	16	6	26	30	10
	от 2 до 5 т	15	31	21	22	4
	от 5 до 8 т	9	20	8	28	31
	от 8 до 14 т	11	19	19	9	5
	автобусы	8	8	3	4	28
7.	Уровень надежности	0,95	0,80	0,90	0,95	0,95
8.	Тип дорожной одежды	капитальный	облегченный	капитальный	капитальный	капитальный
9.	Показатель изменения интенсивности движения	1,04	1,03	1,06	1,05	1,04
10.	Основание дорожной одежды	ЩГПС, укрепленная цементом М 60	Щебень с заклинойкой мелким щебнем	Песок мелкий, обработанный шлаковым вяжущим М75	ЩГПС, укрепленная цементом М 75	Песок мелкий, обработанный шлаковым вяжущим М60

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (вариант №16-№20)

№ п/п	Номер варианта	16	17	18	19	20
	Параметр	Значение				
1.	Категория дороги	III	II	IV	III	II
2.	Район проектирования	Челябинск	Тобольск	Красноярск	Астрахань	Нижний Новгород
3.	Грунт земляного полотна	супесь легкая пылеватая	суглинок легкий пылеватый	суглинок тяжелый	Песок средней крупности	Песок средней крупности
4.	Тип местности по условиям увлажнения	1	2	3	1	2
5.	Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	2260	2980	998	1480	2520
6.	Состав движения:					
	легковые	17	14	11	15	28
	грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т	16	19	49	12	10
	от 2 до 5 т	9	17	11	23	25
	от 5 до 8 т	18	8	8	4	16
	от 8 до 14 т	29	12	6	15	8
	автобусы	11	30	15	31	13
7.	Уровень надежности	0,95	0,98	0,85	0,90	0,98
8.	Тип дорожной одежды	облегченный	капитальный	облегченный	облегченный	капитальный
9.	Показатель изменения интенсивности движения	1,03	1,06	1,05	1,04	1,03
10.	Основание дорожной одежды	ЩГПС, обработанная битумной эмульсией	ЩГПС, укрепленная цементом М 100	Песок мелкий, обраб. шлаковым вяжущим	Щебень по способу пропитки вязким битумом	Песок, обработанный жидким битумом

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (вариант №20-№25)

№ п/п	Номер варианта	21	22	23	24	25
	Параметр	Значение				
1.	Категория дороги	II	IV	III	II	IV
2.	Район проектирования	Ангарск	Новороссийск	Калининград	Владивосток	Березово
3.	Грунт земляного полотна	супесь легкая	суглинок тяжелый	песок средней крупности	песок мелкий	суглинок пылеватый
4.	Тип местности по условиям увлажнения	3	1	2	3	1
5.	Перспективная интенсивность (на расчетный срок службы дорожной одежды)	2700	470	1330	2970	410
6.	Состав движения:					
	легковые	22	34	25	27	25
	грузовые автомобили грузоподъемностью: до 2 т	18	6	34	3	3
	от 2 до 5 т	10	25	4	41	14
	от 5 до 8 т	4	14	7	2	27
	от 8 до 14 т	35	11	11	11	30
	автобусы	11	10	19	16	1
7.	Уровень надежности	0,98	0,95	0,98	0,98	0,95
8.	Тип дорожной одежды	капитальный	капитальный	облегченный	капитальный	облегченный
9.	Показатель изменения интенсивности движения	1,04	1,06	1,05	1,03	1,06
10.	Основание дорожной одежды	ЩГПС, укрепленная цементом М 100	ч/щебень по способу заклинки	Щебень С ₆	Щебень С ₃	Щебень с заклинкой мелким щебнем

Учебное издание

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания к выполнению курсовой работы

Составители

САННИКОВ Сергей Павлович
ТИМОХОВЕЦ Вера Дмитриевна

В авторской редакции

Подписано в печать _____. Формат 60×90 1/16. Печ. л. 2,44.
Тираж 100 экз. Заказ №

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательский комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.