

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

**Конструирование и расчет дорожных одежд  
нежесткого типа**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог»  
для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород  
2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра автомобильных дорог и аэродромов

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

**Конструирование и расчет дорожных одежд  
нежесткого типа**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог»  
для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород  
2016

УДК 625.8 (07)  
ББК 39.311 я 7  
К65

Составители: ст. преп. А.С. Погромский  
канд. техн. наук, проф. Н.Г. Горшкова  
Рецензент канд. техн. наук, доц. А.И. Траутвайн

**Конструирование** и расчет дорожных одежд нежесткого типа:  
К65 методические указания к выполнению курсовой работы / сост.:  
А.С. Погромский, Н.Г. Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ,  
2016. – 22 с.

В методических указаниях приводятся основные требования к структуре и содержанию курсовой работы по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог», а также представлен раздел курсовой работы по расчету дорожной одежды нежесткого типа.

Методические указания предназначены для студентов направления 08.03.01 - Строительство профиля «Автомобильные дороги и аэродромы».

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625.8 (07)  
ББК 39.311 я 7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2016

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Закрепить теоретические знания студентов по конструированию и расчету дорожных одежд жесткого и нежесткого типов, научить их рассчитывать дорожные одежды автомобильных дорог по действующим методикам, обучить методам гидрологических и гидравлических расчетов водоотводных сооружений на дорогах, научить пользоваться нормативно-справочными материалами.

## **СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки, содержащей следующие разделы:

1. Краткое описание природных условий и экономики района проложения трассы.
2. Назначение технических нормативов на проектирование автомобильной дороги заданной категории.
3. Конструирование и расчет дорожной одежды нежесткого типа.
4. Конструирование и расчет дорожной одежды жесткого типа.
5. Расчет малых водопропускных сооружений.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ**

Пояснительная записка (объем 25-30 с.) должна состоять из титульного листа, задания на проектирование, содержания, текста пояснительной записки и списка использованной литературы.

Текст пояснительной записки с необходимыми расчетами, обоснованиями, рисунками, таблицами и титульный лист должны быть написаны на стандартных листах формата А4 и оформлены в соответствии с ЕСКД. Формулы приводятся с расшифровкой всех символов и с последующей подстановкой числовых величин. Страницы пояснительной записки подлежат сквозной нумерации, ссылки на литературу указываются в квадратных скобках, список литературы составляется в порядке ее использования.

## **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

Исходными данными являются:

- а) задание на выполнение курсовой работы;
- б) учебная топографическая карта в масштабе 1:10000 или 1:25000 с планом трассы автомобильной дороги (из курсового проекта № 1).

## СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### 1. Краткое описание природно-климатических условий района проложения трассы

При описании природных условий необходимо указать, в какой климатической зоне проектируется дорога, и дать краткую характеристику данной климатической зоны.

В пояснительной записке приводится краткое описание геофизических особенностей района проектирования дороги [1,2].

1.1. **Климат.** Студент собирает и изучает следующие характеристики климата:

- среднемесячные, максимальные и минимальные температуры воздуха;

- летнее, зимнее и среднегодовое количество осадков;

- глубину промерзания;

- господствующие ветры в летний и зимний период.

1.2. **Рельеф местности и растительность.** Используя топографическую карту, произвести анализ общей характеристики района. При этом указать все особенности местности (овраги, возвышенности, ручьи, озера, леса, населенные пункты и т.д.) в полосе проложения трассы.

1.3. **Грунтово-геологические и гидрологические условия.** Для заданного района проектирования после внимательного анализа топографической карты в пояснительной записке необходимо привести краткое описание грунтово-геологических и гидрологических условий.

1.4. **Экономика района и дорожно-строительные материалы.** Кратко охарактеризовать дорожную сеть района проектирования, промышленность, местные материалы и отходы местного производства [1]. Выявить возможность использования местных материалов для строительства дороги, обосновать и перечислить виды привозных материалов.

### 2. Назначение технических нормативов на проектирование

По заданной категории дороги в соответствии с указаниями СНиП [3] необходимо установить технические нормативы на проектирование и свести их в табл. 1.

## Технические нормативы на проектирование

Наименование норматива	Значение норматива
1. Расчетная скорость, км/ч	
2. Число полос движения	
3. Ширина полосы движения, м	
4. >> проезжей части, м	
5. >> обочин, м	
6. Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	
7. Ширина земляного полотна, м	
8. Поперечный уклон проезжей части, ‰	
9. Наибольший продольный уклон, ‰	
10. Наименьший радиус кривой в плане, м	
11. Наименьший радиус кривой в продольном профиле, м: - выпуклой - вогнутой	

### 3. Расчет дорожных одежд на прочность

#### 3.1. Общие положения

Под прочностью дорожной одежды понимают 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 длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия.

Дорожную одежду следует проектировать с требуемым уровнем надежности, под которой понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода. Отказ конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольной и поперечной неровности поверхности дорожной одежды, связанной с прочностью конструкции (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.). Номенклатура дефектов и методика количественной оценки их определяется специальными нормами, используемыми при эксплуатации дорог.

Прочность конструкции количественно оценивается величиной коэффициента прочности.

Коэффициент прочности вновь проектируемой конструкции должен быть таким, чтобы в заданный межремонтный период не наступил отказ по прочности с вероятностью более заданной, т.е. чтобы была

обеспечена заданная (требуемая) надежность. Минимальные значения коэффициентов надежности и прочности приведены в табл. 3.1 [4].

### **3.2. Последовательность расчета по критериям прочности**

**1. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба на основе зависимости требуемого общего модуля упругости конструкции от суммарного числа приложений нагрузки.**

В результате этого расчета назначаются толщины конструктивных слоев и их модули упругости таким образом, чтобы общий модуль упругости дорожной одежды был не менее требуемого с учетом соответствующего коэффициента прочности.

**2. Расчет дорожной одежды, отвечающей критерию упругого прогиба, с учетом механизма нарушения прочности в ее отдельных конструктивных слоях по двум независимым критериям:**

- критерию соответствия сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям, отражающему условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок;

- по критерию соответствия сопротивления материалов монолитных конструктивных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям от подвижной многократной нагрузки, отражающему сопротивление этих слоев усталостным процессам, обуславливающим развитие микротрещин в монолитных слоях, потерю их сплошности и снижение распределяющей способности.

Коэффициенты прочности по этим критериям должны быть не менее значений, указанных в табл. 3.1 [4].

При недостаточной величине коэффициента прочности по любому критерию конструкцию уточняют.

Дорожные одежды переходного и низшего типов рассчитывают по упругому прогибу и по сдвигоустойчивости.

Конструкции, предназначенные для движения особо тяжелых транспортных средств (со статической нагрузкой на ось 120 кН и более), по упругому прогибу не рассчитывают.

### **3.3. Расчетные параметры подвижной нагрузки**

В качестве расчетной схемы нагружения конструкции колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп диаметром  $D$ , передающий равномерно распределенную нагрузку величиной  $p$ .

Величины расчетного удельного давления колеса на покрытие  $p$  и расчетного диаметра  $D$ , приведенного к кругу отпечатка расчетного колеса на поверхности покрытия, назначают с учетом параметров расчетных типов автомобилей.

В качестве расчетного типа используют наиболее тяжелый автомобиль из систематически обращающихся по дороге, доля которых составляет не менее 10 % (с учетом перспективы изменения состава движения к концу межремонтного срока).

Приведение различных типов автомобилей к расчетному типу и приведение расчетного типа к расчетной схеме нагружения осуществляется в соответствии с указаниями прил.1 [4].

Таблица 2

### Расчетные параметры подвижной нагрузки

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля $Q_{расч}$ , кН	Расчетные параметры нагрузки	
			$P$ , МПа	$D$ , см
$A_1$	100	50	0,60	37/33
$A_2$	110	55	0,60	39/34
$A_3$	130	65	0,60	42/37

**Примечание:** В числителе - для движущегося колеса, в знаменателе - для неподвижного.

Нормативная осевая нагрузка принимается в зависимости от капитальности дорожной одежды:

- при капитальной дорожной одежде - 115 кН;
- при облегченном и переходном типах дорожной одежды - 100 кН;
- для маршрутов (дорог), предназначенных для следования тяжеловесных транспортных средств, осуществляющих международные перевозки - 130 кН.

Величину  $N_p$ , ед/сут, приведенной интенсивности на последний год срока службы определяют по формуле

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

где  $f_{пол}$  – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по табл. 3.2[4];  $n$  – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;  $N_m$  – число проездов в сутки в обоих направлениях транспорт-

ных средств  $m$ -й марки;  $S_{m \text{ сум}}$  – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства  $m$ -й марки к расчетной нагрузке  $Q_{\text{расч}}$ , определяемый в соответствии с табл. П.1.3 [4].

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяют по формуле

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{\text{рде}} k_n, \quad (2)$$

где  $N_p$  – приведенная интенсивность на последний год срока службы, авт/сут;  $T_{\text{рде}}$  – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции, определяемое в соответствии с табл. П.6.1 [4];  $k_n$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, определяемый по табл. 3.3 [4];  $K_c$  – коэффициент суммирования, определяемый по формуле

$$K_c = \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1}, \quad (3)$$

где  $T_{cl}$  – расчетный срок службы по табл. П.6.2 [4];  $q$  – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

### 3.4. Расчетные характеристики материалов и грунтов

Расчетные значения характеристик грунтов и материалов допускается принимать в соответствии с указаниями прил. 2 и 3 [4].

Значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, для расчета по допускаемому упругому прогибу необходимо принимать во всех климатических зонах при температуре 10°C по табл. П.3.2 [4].

При расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают соответствующими температурам, указанным в табл. 3.

Таблица 3

#### Расчетные температуры

Дорожно-климатические зоны	I-II	III	IV	V
Расчетная температура, °C	+20	+30	+40	+50

Характеристики асфальтобетонов при расчете на растяжение при изгибе под действием кратковременных нагрузок принимаются по табл. П.3.1 [4].

Минимальные толщины слоев конструкции принимаются в соответствии с табл. 4.

По итогам определения расчетных характеристик материалов и грунтов заполняется сводная таблица (табл. 5).

Таблица 4

### Минимальные толщины материалов слоев дорожной одежды

Материалы покрытий и других слоев дорожной одежды	Толщина слоя, см
Асфальтобетон или дегтебетон крупнозернистый	6 - 7
Асфальтобетон или дегтебетон мелкозернистый	3 - 5
Асфальтобетон или дегтебетон песчаный	3 - 4
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими вяжущими	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущими:	
на песчаном основании	15
на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10

**Примечания:** 1. Большие толщины асфальтобетонных покрытий следует принимать для дорог I и II категорий, а меньшие - для дорог III и IV категорий.

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

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

Таблица 5

### Расчетные характеристики конструктивных слоев

Материал слоя	Расчет по допускаемому упругому прогибу $E$ , МПа	Расчет по сдвигоустойчивости $E$ , МПа	Расчет на растяжение при изгибе			
			$E$ , МПа	$R_o$ , МПа	$\alpha$	$m$

### 3.5. Расчет конструкции дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу

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

$$E_{об} \geq E_{min} K_{np}^{mp}, \quad (4)$$

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 по табл. 3.1 [4].

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции, МПа, вычисляют по эмпирической формуле

$$E_{min} = 98,65 [\lg(\sum N_p) - c], \quad (5)$$

где  $\sum N_p$  – суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды, устанавливаемое по формуле (2);  $c$  – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05.

Для дорог в V дорожно-климатической зоне требуемые модули, определенные по формуле (5), следует уменьшить на 15 %.

Независимо от результата, полученного по формуле (5), требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в табл. 3.4 [4].

Общий расчетный модуль упругости конструкции определяют с помощью номограммы рис. 3.1 [4], построенной по решению теории упругости для модели многослойной среды.

Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной ведут послойно, начиная с подстилающего грунта.

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

1. Определяют требуемый минимальный общий модуль конструкции по формуле (5).

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

3. Выполняя расчет конструкции сверху вниз, определяют с помощью номограммы рис. 3.1 [4] требуемые модули на поверхности слоев покрытия.

4. Выполняя расчет конструкции снизу вверх, определяют толщину основания (при заданном его модуле упругости), обеспечиваю-

щую необходимый модуль на поверхности основания, полученный при расчете сверху вниз.

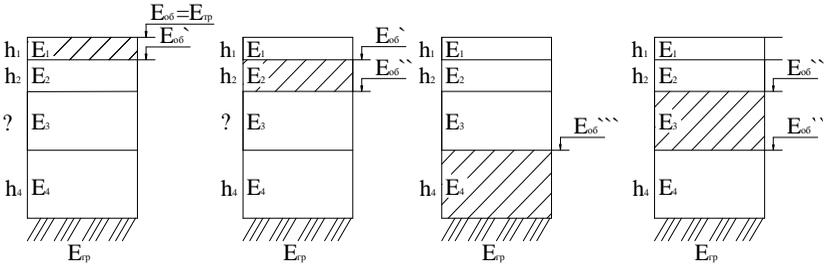


Рис. 1. Последовательность расчета дорожной одежды

### 3.6. Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев

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:

$$T \leq \frac{T_{np}}{K_{np}^{mp}}, \quad (6)$$

где  $K_{np}^{mp}$  – требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности;  $T$  – расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;  $T_{np}$  – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

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

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

одежду. Толщину верхнего слоя  $h_g$  принимают равной сумме толщин слоев одежды  $\left( \sum_{i=1}^n h_i \right)$ .

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле

$$E_g = \left( \sum_{i=1}^n E_i h_i \right) : \left( \sum_{i=1}^n h_i \right), \quad (7)$$

где  $n$  – число слоев дорожной одежды;  $E_i$  – модуль упругости  $i$ -го слоя;  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя.

При расчете по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания с помощью номограммы рис. 3.2 [4] нижнему слою двухслойной модели условно присваивают обычные характеристики песчаного слоя ( $c_n$ ,  $\varphi_n$ ), а модуль упругости принимают равным общему модулю на поверхности песчаного слоя, определяемому по расчету на упругий прогиб. Толщину верхнего слоя модели принимают равной общей толщине слоев, лежащих над песчаным, а модуль упругости  $E_g$  вычисляют как средневзвешенное значение для этих слоев по формуле (7).

Действующие в грунте или в песчаном слое активные напряжения сдвига  $T$  вычисляют по формуле

$$T = \bar{\tau}_n \cdot p, \quad (8)$$

где  $\bar{\tau}_n$  – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм рис. 3.2 и рис. 3.3 [4];  $p$  – расчетное давление от колеса на покрытие.

**Примечание:** При пользовании номограммой для определения  $\bar{\tau}_n$  величину  $\varphi$  принимают для случая воздействия динамической нагрузки (с учетом числа приложений).

Предельное активное напряжение сдвига  $T_{np}$  в грунте рабочего слоя (или в песчаном материале промежуточного слоя) определяют по формуле

$$T_{np} = k_\delta (c_N + 0,1 \gamma_{cp} z_{on} t g \varphi_{cm}), \quad (9)$$

где  $c_N$  – сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), МПа, принимаемое с учетом повторности нагрузки по табл. П.2.4 и П.2.6 [4];  $\gamma_{cp}$  – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя,  $\text{кг/см}^3$  (удельный вес материалов слоев можно принимать по табл. П.5.1 [4]);  $z_{on}$  – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, см;  $\varphi_{cm}$  – расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом дей-

ствии нагрузки, определяемая по табл. П.2.4 и П.2.6 [4].  $k_\delta$  – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания. При устройстве нижнего слоя из укрепленных материалов, а также при укладке на границе “основание - песчаный слой” разделяющей геотекстильной прослойки, следует принимать значения  $k_\delta$  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.

При устройстве нижнего слоя несущего основания из неукрепленных материалов и без укладки разделительной прослойки следует принимать  $k_\delta = 2,0$ . При проверке сдвигоустойчивости в подстилающем глинистом грунте земляного полотна следует принимать  $k_\delta = 1,0$ .

Расчет дорожной одежды по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожных одежд ведут в следующей последовательности:

а) назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в ранний весенний (расчетный) период в соответствии с указаниями табл. 3; назначают с учетом расчетной влажности и общего числа воздействия нагрузки расчетные прочностные характеристики  $\varphi$  и  $c$  грунта земляного полотна и песка промежуточного слоя одежды (если таковой имеется) с учетом требований п. 3.36 [4]. Остальные расчетные характеристики грунта и материалов остаются теми же, что и в расчете по упругому прогибу;

б) по рис. 3.2 или рис. 3.3 [4] определяют активные напряжения сдвига  $\bar{\tau}_n$  от единичной временной нагрузки. Для этого приводят многослойную конструкцию к двухслойным моделям;

в) вычисляют расчетное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;

г) вычисляют предельное напряжение сдвига и проверяют выполнение условия прочности (с учетом требуемой надежности);

д) при необходимости, изменяя толщины конструктивных слоев, подбирают конструкцию, удовлетворяющую условию (б).

### **3.7. Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе**

В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, железобетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими и др.), возникающие при прогибе одежды напря-

жения 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:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{np}^{mp}}, \quad (10)$$

где  $K_{np}^{mp}$  – требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности;  $R_N$  – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;  $\sigma_r$  – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Наибольшее растягивающее напряжение  $\sigma_r$  при изгибе в монолитном слое определяют с помощью номограммы рис. 3.4 [4], приводя реальную конструкцию к двухслойной модели.

К верхнему слою модели относят все асфальтобетонные слои. Толщину верхнего слоя модели  $h_6$  принимают равной сумме толщин асфальтобетонных слоев ( $\sum h_i$ ). Значение модуля упругости верхнего слоя модели устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (7).

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна. Модуль упругости нижнего слоя модели определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с помощью номограммы рис. 3.1 [4] (модуль упругости на поверхности слоя под пакетом асфальтобетонных слоев берут из расчета на упругий прогиб).

При использовании номограммы рис. 3.4 [4] расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot \kappa_6, \quad (11)$$

где  $\bar{\sigma}_r$  – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме рис. 3.4 [4];  $p$  – расчетное давление;  $\kappa_6$  – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном (принимают равным 0,85; при расчете на однобаллонное колесо  $\kappa_6 = 1,00$ ).

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе определяют по формуле

$$R_N = R_o k_1 k_2 (1 - v_R t), \quad (12)$$

где  $R_o$  – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при

однократном приложении нагрузки, принимаемое по табл. П.3.1 [4] для нижнего слоя пакета асфальтобетонных слоев;  $k_1$  - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;  $k_2$  - коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов, определяемый по табл. 3.6 [4];  $v_R$  - коэффициент вариации прочности на растяжение по табл. П.4.1 [4];  $t$  - коэффициент нормативного отклонения по табл. П.4.2 [4].

Коэффициент  $k_1$ , отражающий влияние на прочность усталостных процессов, вычисляют по выражению

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}}, \quad (13)$$

где  $\alpha$  - 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, определяемый по табл. П.3.1 [4];  $\sum N_p$  - расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое по формуле (2);  $m$  - показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя, определяемый в соответствии с табл. П.3.1 [4].

Расчеты на усталостную прочность выполняют в следующей последовательности:

а) приводят конструкцию к двухслойной модели и определяют отношения  $\frac{h_g}{D}$ ,  $\frac{E_g}{E_n}$ ;

б) по полученным параметрам по номограмме рис. 3.4 [4] находят значение  $\bar{\sigma}_r$  и вычисляют расчетное растягивающее напряжение;

в) вычисляют предельное растягивающее напряжение. В пакете асфальтобетонных слоев за предельное растягивающее напряжение  $R_N$  принимают значение, отвечающее материалу нижнего слоя асфальтобетонного пакета;

г) проверяют условие (10) и при необходимости корректируют конструкцию.

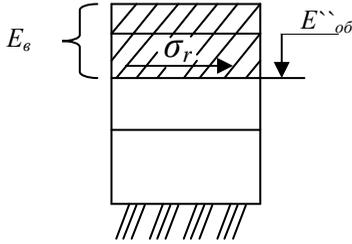


Рис. 2. Схема к расчету изгибающих напряжений в пакете асфальтобетонных слоев

#### 4. Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость

В районах сезонного промерзания грунтов земляного полотна при неблагоприятных грунтовых и гидрологических условиях, наряду с требуемой прочностью и устойчивостью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд.

С этой целью применяют различные специальные мероприятия:

- использование непучинистых или слабопучинистых грунтов для сооружения верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;

- осушение рабочего слоя земляного полотна путем устройства дренажа (для увеличения расстояния от низа дорожной одежды до уровня подземных вод) или устройства гидроизолирующих или капиллярпрерывающих прослоек (для перехода от 2-й или 3-й схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна к 1-й схеме);

- устройство морозозащитного слоя из непучинистых минеральных материалов, в том числе укрепленных малыми дозами минеральных или органических вяжущих;

- устройство теплоизолирующих слоев, снижающих глубину или полностью исключаящих промерзание грунта под дорожной одеждой;

- устройство основания дорожной одежды из монолитных материалов (типа тощего бетона или других зернистых материалов, обработанных минеральным или органическим вяжущим).

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие

$$l_{пуч} \leq l_{доп}, \quad (14)$$

где  $l_{пуч}$  – расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;  $l_{доп}$  – допускаемое для данной конструкции пучение грунта, определяемое по табл. 4.3 [4].

При предварительной проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения следует определять по формуле

$$l_{нуч} = l_{нуч\ ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{зр} K_{назр} K_{вл}, \quad (15)$$

где  $l_{нуч\ ср}$  – величина морозного пучения при осредненных условиях, определяемая по рис. 4.3 [4] в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости и глубины промерзания  $z_{np}$ ; классификация грунтов по степени пучинистости представлена в табл. 4.1 и 4.2 [4];  $K_{УГВ}$  – коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод ( $H_v$ ), определяемый по рис. 4.1 [4]; при отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод следует принимать: для супеси тяжелой и пылеватой и суглинка  $K_{УГВ} = 0,53$ ; для песка и супеси легкой и крупной  $K_{УГВ} = 0,43$ ;  $K_{пл}$  – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя, определяемый по табл. 4.4 [4];  $K_{зр}$  – коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки, принимаемый по табл. 4.5 [4];  $K_{назр}$  – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания, определяемый по рис. 4.2 [4];  $K_{вл}$  – коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта, принимаемый по табл. 4.6 [4].

Если данные натурных наблюдений отсутствуют, глубину промерзания дорожной конструкции допускается определять по формуле

$$z_{np} = z_{np(ср)} \cdot 1,38, \quad (16)$$

где  $z_{np(ср)}$  – средняя глубина промерзания для данного района, устанавливаемая при помощи карты изолиний рис. 4.4 [4].

При глубине промерзания дорожной конструкции  $z_{np}$  до 2 м  $l_{нуч\ ср}$  устанавливают по графикам рис. 4.3 [4]. При  $z_{np}$  от 2,0 до 3,0 м  $l_{нуч\ ср}$  вычисляют по формуле

$$l_{нуч\ ср} = l_{нуч\ ср\ 2,0} \cdot [a + b (z_{np} - c)], \quad (17)$$

где  $l_{нуч\ ср\ 2,0}$  – величина морозного пучения при  $z_{np} = 2,0$  м;

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

$$a = 1,08; b = 0,08; c = 2,5 \text{ при } 2,5 < z_{np} < 3,0.$$

Если условие (14) не выполняется, производят уточненный расчет толщины морозозащитного слоя ( $h_{мз}$ ) по термическому сопротивлению конструкций в соответствии с пп.4.7 - 4.13 [4].

## 5. Расчет дренажного слоя

Дренажная конструкция (дренирующий слой и водоотводящие устройства) необходима при традиционных конструкциях дорожных одежд со слоями из зернистых материалов на участках с земляным полотном и слабофильтрующих грунтов (пылеватых песков, непывеватых песков с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут, глинистых грунтов) во II дорожно-климатической зоне при всех схемах увлажнения рабочего слоя земляного полотна, в III зоне - при 2-й и 3-й схемах, в IV и V зонах - только при 3-й схеме.

Проектирование мероприятий по дренированию дорожной одежды осуществляют в такой последовательности:

а) дорогу разделяют на типичные участки по виду продольного профиля и природным условиям (характер рельефа местности, наличие водотоков, пересекающих дорогу, и др.) с учетом особенностей конструкции земляного полотна (насыпь высотой, отвечающей СНиП, выемка, насыпь ниже требуемой по СНиП, переходный участок от насыпи к выемке) и дорожной одежды (наличие монолитных слоев основания, а также морозозащитных или теплоизоляционных слоев из укрепленных материалов), обеспеченности материалами для дренажного слоя, дренажных труб и геотекстиля; осуществления мер по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;

б) для типичных участков определяют количество воды, поступающей в основание за сутки и за расчетный период с учетом предусмотренных мер по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;

в) намечают варианты дренажных конструкций;

г) обосновывают расчетом толщину дренажного слоя, необходимую в данных условиях, или определяют, каким значением коэффициента фильтрации должен обладать дренирующий материал в заданной дренажной конструкции.

При проектировании дренажного слоя, необходимо, помимо осушения, учитывать необходимость обеспечения сдвигоустойчивости самого зернистого материала и прочности всей дорожной конструкции. Дренажную конструкцию нужно проектировать с учетом объема притока воды, поступающей в основание дорожной одежды в расчетный период, фильтрационной способности материала дренажного слоя и конструкции земляного полотна. Выбор каждого конкретного мероприятия по регулированию притока должен сопровождаться технико-экономическим сравнением вариантов.

Целью расчета дренажной конструкции является определение требуемой толщины дренажного слоя из дискретных материалов.

При проектировании дренажирования дорожных одежд в районах сезонного промерзания грунтов учитываются два расчетных этапа работы дренажных конструкций.

Первый относится к периоду, когда основание дорожной одежды под серединой проезжей части уже оттаяло, а дренарующий слой у ее краев находится еще в мерзлом состоянии, и водоотводящие устройства не работают.

Второй расчетный этап относится ко времени, когда дренарующий слой полностью оттаял и водоотводящие устройства начали нормально работать.

В зависимости от конкретных условий дренажная конструкция может быть рассчитана на один из трех вариантов работы:

- работа на осушение;
- работа на поглощение;
- работа на осушение с периодом запаздывания отвода воды.

Дренарующий слой, работающий по принципу *осушения*, необходимо устраивать из песчаных грунтов или высокопроницаемой скелетной смеси (щебня или гравия) открытого типа (с незаполненными пустотами), отвечающих определенным требованиям по водопроницаемости, и укладывать этот слой под дорожной одеждой на всю ее ширину. При этом необходимо обеспечить выходы дренающего слоя на откос. Дренарующий слой устраивают также с дренажными трубами для сбора и быстрого отвода воды за пределы земляного полотна. Следует предусматривать противозаиливающую защиту дрен и дренающих слоев, а также недопущение замерзания воды в выпусках труб. Для устройства дренающего слоя, работающего по принципу осушения, следует применять материалы с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Материал с коэффициентом фильтрации 1-2 м/сут целесообразно применять на участках, где он одновременно выполняет дренающие и морозозащитные функции.

При устройстве дренающих слоев, работающих по принципу *поглощения*, требуется устраивать более мощные слои из песчаного грунта и принимать в расчет на прочность дорожной одежды значения прочностных характеристик песчаного грунта с учетом более продолжительного периода его нахождения в неблагоприятном расчетном состоянии.

Для дренающего слоя, работающего по принципу *осушения*, толщину слоя, полностью насыщенного водой, устанавливают с помощью номограмм рис. 5.1 и 5.2 [4] в зависимости от длины пути фильтрации  $L$  и расчетной величины притока воды в дренающий слой на  $1 \text{ м}^2 q_p$ , определяемой по формуле,  $\text{м}^3/\text{м}^2$

$$q_p = qK_nK_cK_{\text{воз}}K_p / 1000, \quad (18)$$

где  $q$  - осредненное (табличное) значение притока воды в дренирующий слой при традиционной конструкции дорожной одежды, отнесенное к 1 м<sup>2</sup> проезжей части, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> (табл. 5.3 [4]);  $K_n$  - коэффициент “пик”, учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков (табл. 5.4 [4]);  $K_c$  - коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги (табл. 5.4 [4]);  $K_{\text{воз}}$  - коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона, определяемый при одинаковом направлении участков профиля у перелома по номограмме рис. 5.3 [4];  $K_p$  - коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима (табл. 5.5 [4]).

Полная толщина дренирующего слоя, работающего по принципу **поглощения**, определяется по формуле

$$h_n = (Q/(1000n) + 0,3h_{\text{зан}}) / (1 - \varphi_{\text{зим}}), \quad (19)$$

где  $Q$  - расчетное количество воды, л/м<sup>2</sup>, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчетный период (табл. 5.3 [4]).

Полную толщину дренирующего слоя (в метрах), работающего по принципу **осушения с периодом запаздывания отвода воды**, достаточную для временного размещения в его порах поступающей в конструкцию в начальный период ее оттаивания воды, определяют по формуле

$$h_n = (q_p T_{\text{зан}}/n + 0,3h_{\text{зан}}) / (1 - \varphi_{\text{зим}}), \quad (20)$$

где  $q_p$  - расчетное значение воды, поступающей за сутки;  $T_{\text{зан}}$  - средняя продолжительность запаздывания начала работы водоотводящих устройств, принимаемая для II дорожно-климатической зоны равной 4-6 сут, для III дорожно-климатической зоны равной 3-4 сут (большее значение - для мелких песков);  $n$  - пористость материала, в долях единицы;  $h_{\text{зан}}$  - 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;  $\varphi_{\text{зим}}$  - коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания, принимаемый по табл. 5.6 [4].

## Библиографический список

1. Большая Советская Энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия, 1977.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*(с изменением №2). – Введ. 1.01.2013. - М.: ГУП ЦПП, 2013. – 58 с.
3. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*. - Введ. 01.07. 2013. - М: Госстрой России, 2013. – 54 с.
4. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации. – М.: Инфрмавтодор, 2001. – 144 с.

### Содержание

Цели и задачи курсовой работы.....	3
Содержание курсовой работы.....	3
Требования к оформлению работы.....	3
Исходные данные к курсовой работе .....	3
Структура пояснительной записки.....	4
1. Краткое описание природно-климатических условий района проложения трассы.....	4
2. Назначение технических нормативов на проектирование.....	4
3. Расчет дорожных одежд на прочность.....	5
3.1. Общие положения.....	5
3.2. Последовательность расчета по критериям прочности.....	6
3.3. Расчетные параметры подвижной нагрузки.....	6
3.4. Расчетные характеристики материалов и грунтов.....	8
3.5. Расчет конструкции дорожной одежды по допускаемому упругому прогибу.....	10
3.6. Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев.....	11
3.7. Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.....	13
4. Проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость.....	16
5. Расчет дренарующего слоя.....	18
Библиографический список.....	21

Учебное издание

**Конструирование и расчет дорожных одежд  
нежесткого типа**

Методические указания к выполнению курсовой работы  
по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог»  
для студентов направления 08.03.01 – Строительство  
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Составители: **Погромский** Алексей Сергеевич  
**Горшкова** Нина Георгиевна

Подписано в печать 02.12.16. Формат 60x84/16. Усл.печ.л.1,3. Уч-изд.л. 1,4.

Тираж 40 экз.

Заказ

Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46