Конструкция дорожной одежды

$E_{тр}$=200МПа

5см	E_1=3200 Мпа	- асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный тип Б, марка II на битуме БНД 60/90
7см	E_2=400 Мпа	- органоминеральная смесь (горячий щебень мелкой фракции 10-20 мм на битуме марки БНД 60/90
10см	E_3=350 Мпа	- щебень фракционированный, устраиваемый методом заклинки
15см	E_4=120 Мпа	- песок средней крупности
	$E_{гр}$=57 МПа	- супесь песчанистая

Расчет дорожной одежды

Исходные данные для расчета

Дорожно-климатическая зона – IV;

Тип местности по характеру и степени увлажнения – I;

Тип дорожной одежды – облегченный;

Интенсивность движения на начало срока службы – 52 авт/сут;

Срок службы дорожной одежды – 16 лет;

Коэффициент прочности – 0,90;

Коэффициент надёжности –0,85;

Расчётная нагрузка – A_1

Расчётный диаметр следа колеса D–37 см;

Минимальный требуемый модуль упругости – 160 МПа;

Коэффициент полосности – 0,55

Расчет приведенной интенсивности движения

Расчётная интенсивность движения автомобильного транспорта

$$N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^{n} N_m \cdot S_{m,сум} \ ,$$

где N_p– расчётная интенсивность движения автомобильного транспорта в первый год службы, приведённая к расчётной нагрузке с учётом количества полос движения, авт./сут.;

$f_{пол}$– коэффициент, учитывающий число полос движения по ним ($f_{пол}$=0,55 по табл. 6.2 СН РК 3.03-19-2006);

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

N_m – интенсивность движения транспортных средств марки m, авт./сут.;

$S_{m,сум}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m-й марки к расчётной нагрузке $Q_{расч.}$(табл. 1.2)

N_p=94 х 0,55=52 авт/сут

Приведённая суммарная интенсивность

$$\sum N_p = n_p N_p \frac{q^T - 1}{q - 1},$$

где n_p – количество дней в году с расчётным движением транспорта, 365 дней;

Т – расчётный срок службы;

q – коэффициент изменения интенсивности движения, приведённой к расчётной нагрузке (q=1,03);

$$\sum N_p = 365 \cdot 52 \frac{1{,}03^{16} - 1}{1{,}03 - 1} = 382578 \text{ ед.}$$

$$E_{mp} = A + B(\lg \sum N_p - c),$$

где А=120 МПа; В=74МПа; С=4,5 (стр.16 СН РК 3.03-19-2006)

$$E_{mp} = 120 + 74(\lg 382578 - 4{,}5) = 200 МПа$$

$К_н$ – 0,85 (табл. 6.1)

$К_{пр}$ – 0,90 (табл. 6.1)

$Е_{общ}=Е_р=Е_{тр}$ х $К_{пр}$,

$Е_{общ}$ = 200х0,9 = 180 МПа

Определяем расчетную влажность грунта рабочего слоя:

$$W_p = \overline{W} \cdot (1 + 0{,}1 \cdot t),$$

где $\overline{W}$ = 0,53 (табл. 3.1, прил. 3) среднее значение влажности

t = 1,06 (табл. 3.2, прил. 3) коэффициент нормированного отклонения

$$W_p = 0{,}53 \cdot (1 + 0{,}1 \cdot 1{,}06) = 0{,}59 \cdot W$$

По таблице 3.3 приложения 3 находим:

$Е_{гр}$=57 МПа; $\varphi_{гр} = 36$; $С_{гр}$=0,014 МПа.

Исходные данные для расчёта:

Материал	Н слоя, см	Е, МПа при расчёте		Расчёт на растяжение при изгибе и сдвиге			
		по допустимому упругому прогибу	по сдвигоустойчивости	Е, МПа	$\overline{R_y}$	φ°	С, МПа
Асфальтобетон мелкозернистый горячий плотный тип Б, марки II	4	3200	550	4500	2,8	–	–
Органоминеральная смесь (горячий щебень мелкой фракции 10-20 мм на битуме марки БНД 60/90)	8	400	400	2800	1,6		
Щебень фракционированный, устраиваемый методом заклинки	15	350	350	350		–	–
Песок средней крупности	10	120	120	120		40	0,006
Супесь песчанистая	–	57	–	–	–	36	0,014

Расчёт по допускаемому упругому прогибу

Модуль упругости слоя (E_c), МПа	Толщина слоя (h), см	Отношение			Общий модуль упругости ($E_{общ}$), МПа	Материал слоя
		h/D	$E_н/E_c$	$E_{общ}/E_c$		
3200	4	0,108	0,05	0,059	189	Плотный асфальтобетон
400	8	0,162	0,06	0,08	160	Органоминеральная смесь
350	15	0,432	0,207	0,341	119,35	Щебень фракционированный
120	10	0,405	0,475	0,605	72,6	Песок средней крупности
57						Супесь песч.

1) $\frac{E_5}{E_4}=\frac{57}{120}=0{,}475;\ \frac{h_4}{D}=\frac{15}{37}=0{,}405$ (номограмма рис. 6.1);

$\frac{E_{общ}}{E_4}=0{,}605;\ E_{общ}=120\cdot 0{,}605=72{,}6$

2) $\frac{E_4}{E_3}=\frac{72{,}6}{350}=0{,}207;\ \frac{h_3}{D}=\frac{18}{37}=0{,}432;$

$\frac{E_{общ}}{E_3}=0{,}341;\ E_{общ}=350\cdot 0{,}341=119{,}35.$

3) $\frac{E_3}{E_2}=\frac{119{,}35}{2000}=0{,}06;\ \frac{h_2}{D}=\frac{6}{37}=0{,}162;$

$\frac{E_{общ}}{E_2}=0{,}08;\ E_{общ}=2000\cdot 0{,}08=160.$

4) $\frac{E_2}{E_1}=\frac{160}{3200}=0{,}05;\ \frac{h_1}{D}=\frac{4}{37}=0{,}108;$

$\frac{E_{общ}}{E_1}=0{,}059;\ E_{общ}=3200\cdot 0{,}059=189.$

Проверяем условие прочности:

$\frac{E_p}{E_{тр}}=\frac{189}{200}=0{,}94$ при $К_{пр}$ – 0,90

Следовательно, конструкция удовлетворяет прочности по допускаемому упругому прогибу.

Расчёт конструкции по сопротивлению сдвигу в грунте

Расчётное активное напряжение сдвига в грунте

$T_p=\overline{\tau_н}\cdot P+\tau_д$,

где $\overline{\tau_н}$ – активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (рис. 6.2 и 6.3);

Р – расчётное давление колеса на покрытие (Р=0,6), МПа.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный

$$E_B = \sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i \ ,$$

где n – число слоёв дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя, МПа;

h_i – толщина i-го слоя, см.

$$E_B = \frac{550 \cdot 4 + 552 \cdot 6 + 350 \cdot 18 + 120 \cdot 15}{41} = 314{,}93$$

$$\frac{E_B}{E_{гр}} = \frac{314{,}93}{57} = 5{,}52 \, ; \frac{h_{Всл}}{D} = \frac{41}{37} = 1{,}11$$

при $\varphi_{гр} = 36^{\circ}$ по номограмме (рис 6.2, 6.3) $\overline{\tau_н} = 0{,}026$, $\overline{\tau_д} = -0{,}00235$

Р=0,60 МПа – расчётное давление колеса на покрытие (прил. №1, табл. 1.1).

$$T_p = 0{,}026 \cdot 0{,}60 - 0{,}00235 = 0{,}01325 МПа$$

Допускаемое напряжение сдвига в грунте:

$$T_{доп} = C_{гр} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \ ,$$

где $C_{гр}$=0,014МПа;

$\kappa_1 = 0{,}6$;

$\kappa_2 = 1{,}165$ (график 6.5);

$\kappa_3 = 3{,}0$ (супесь песчанистая).

Расчётная интенсивность за последний год службы определяется по формуле:

$$N_t = N_p \cdot q^{T-1}$$

$$N_t = 52 \cdot 1{,}03^{16-1} = 81 ед/сут \Rightarrow k_2 = 1{,}165$$

По графику на рис. 6.5, зная значение $N_t = 81$, определяем значение $\kappa_2 = 1{,}165$.

$$T_{доп} = 0{,}014 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}165 \cdot 3{,}0 = 0{,}0293 \text{ МПа}$$

Проверяем условие по критерию сдвига:

$$\frac{T_{доп}}{T_p} = \frac{0{,}0293}{0{,}01325} = 2{,}21 \text{ при } К_{пр} - 0{,}90$$

Следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигу в грунте земляного полотна.

Расчёт конструкции по сопротивлению сдвигу в песчаном слое основания.

Расчётное активное напряжение сдвига в песчаном слое основания:

$$T_p = \overline{\tau_н} \cdot P + \tau_д \ ,$$

где $\overline{\tau_н}$ – активное удельное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (рис. 6.2 и 6.3);

Р – расчётное давление колеса на покрытие (Р=0,6), МПа.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный

$$E_B = \sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^{n} h_i \ ,$$

где n – число слоёв дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя, МПа;

h_i – толщина i-го слоя, см.

Нижнему слою модели присваиваем следующие характеристики:

$E_{общ}^{пес} = 120 МПа$; $\varphi_{пес} = 40^{\circ}$; $C_{пес}$=0,006МПа;

$$E_B = \frac{550 \cdot 4 + 552 \cdot 6 + 350 \cdot 18}{26} = 427{,}38$$

$$\frac{E_B}{E_{пес}} = \frac{427{,}38}{120} = 3{,}56; \frac{h_{Всл}}{D} = \frac{26}{37} = 0{,}70$$

при $\varphi_{пес} = 40^{\circ}$ по номограмме (рис 6.2, 6.3) $\overline{\tau_н} = 0{,}049$, $\overline{\tau_д} = -0{,}0018$

Р=0,60 МПа – расчётное давление колеса на покрытие (прил. №1, табл. 1.1).

$$T_p = 0{,}049 \cdot 0{,}60 - 0{,}0018 = 0{,}0276 МПа$$

Допускаемое напряжение сдвига в песчаном слое:

$T_{доп} = C_{пес} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3$,

где $C_{пес}$=0,006МПа;

$\kappa_1 = 0{,}6$;

$\kappa_2 = 1{,}165$ (график 6.5);

$\kappa_3 = 6{,}0$ (песок средней крупности).

Расчётная интенсивность за последний год службы определяется по формуле:

$$N_t = N_p \cdot q^{T-1}$$

$$N_t = 52 \cdot 1{,}03^{16-1} = 81 ед/сут \Rightarrow k_2 = 1{,}165$$

По графику на рис. 6.5, зная значение $N_t = 81$, определяем значение $\kappa_2 = 1{,}165$.

$T_{доп} = 0{,}006 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}165 \cdot 6{,}0 = 0{,}0252$ МПа

Проверяем условие по критерию сдвига:

$\frac{T_{доп}}{T_p} = \frac{0{,}0252}{0{,}0276} = 0{,}91$ при $К_{пр} - 0{,}90$

Следовательно, конструкция удовлетворяет условию прочности по сдвигу в песчаном слое основания.

Рассчитываем конструкцию на сопротивление асфальтобетонных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Приводим конструкцию к двухслойной модели, где нижний слой – часть конструкции, расположенной ниже а/б слоя, модуль упругости которого был определен по номограмме (рис. 6.1) на поверхности слоя расположенного ниже а/б слоя:

$E_н = E_{общ}^{щеб} = 119{,}35 МПа$

К верхнему слою относим все асфальтобетонные слои.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляем по формуле (6.13)

$$E_B = \frac{4500 \cdot 4 + 2800 \cdot 6}{10} = 3480$$

$$\frac{E_B}{E_H} = \frac{3480}{119{,}35} = 29{,}16;\ \frac{h_в}{D} = \frac{10}{37} = 0{,}27$$

По номограмме (рис. 6.6) определяем $\overline{\sigma_r} = 3{,}38$ МПа

Расчётное растягивающее напряжение:

$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot P \cdot k_б$,

где $\overline{\sigma_r}$ – растягивающее напряжение в рассчитываемом слое от единичной нагрузки;

$k_б$=0,85;

Р – расчётное давление (Р=0,60), МПа.

$\sigma_r = 3{,}38 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}85 = 1{,}7238$ МПа

Находим предельное растягивающее напряжение

$R_N = \overline{R_y}(1 - tv_R) \cdot K_y \cdot K_m$,

где $\overline{R_y}$ = 1,6 МПа (табл. 2.2, прил. 2);

t = 1,06 (табл.3.2, прил. 3 при $К_н$=0,85);

V_R= 0,1;

$K_m = 0{,}80$ (табл. 6.5)

$$K_y = \left(\frac{N_t}{1000}\right)^{-\phi},$$

где N_t = 81;

ϕ =0,16.

$$K_y = \left(\frac{81}{1000}\right)^{-0{,}16} = 1{,}4950$$

$$R_N = 1{,}6(1 - 1{,}06 \cdot 0{,}1) \cdot 1{,}4950 \cdot 0{,}8 = 1{,}7107\ МПа$$

$$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = \frac{1{,}7238}{1{,}734} = 0{,}99$$

Что больше чем $К_{пр}$=0,90, поэтому конструкция удовлетворяет критерию прочности по сопротивлению асфальтобетонных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Таким образом, конструкция дорожной одежды удовлетворяет всем критериям прочности СН РК 3.03-19-2006.