

Практическая работа №8-9

Конструирование и расчет дорожной одежды нежесткого типа

План работы

1. Анализ исходных данных
2. Определение суммарного количества приложений расчетной нагрузки
3. Конструирование трех вариантов дорожной одежды
4. Расчет по допустимому упругому прогибу
5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна
6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе
7. Проверка конструкции дорожной одежды на морозостойкость
8. Определение толщины дренирующего слоя

1. Анализ исходных данных

Проектирование дорожных одежд нежесткого типа производится в соответствии с требованиями ВБН В.2.3–218–186–2004 «Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу»

Исходные данные:

1. район строительства Закарпатская область
2. грунт земляного полотна тяжелый суглинок
3. интенсивность движения $N_{20} = 2180$ авт./сут.
4. показатель изменения интенсивности движения $q = 1,05$
5. состав движения:

Группа транспортных средств	Легковые	Грузовые					Автобусы
		Легкие	Средние	Тяжелые	С прицепом	С полуприцепом	
Тип транспортного средства	ГАЗ-24	FIAT Ducato 14 2,8 D	КАМАЗ4326	RENAULT Midliner S 150-09B	SCANIAR114 4x2 340 +KRONEADP24	MA3642208-02 0+MA393866	MERCEDES-B ENZ Sprinter 200-400
Доля в общем потоке, %	32	29	10	10	7	6	6

1. Анализ исходных данных

По рис. Е.1 определяем дорожно-климатическую зону – зона У-IV, запад

Определение категории дороги

Так как суммарное количество легковых автомобилей в процентном соотношении $32\% > 30\%$, то необходимо приводить заданную интенсивность движения в транспортных единицах к легковому автомобилю.

$$N_{20, \text{расч}} = N_{20} \cdot \sum_{i=1}^n (P_i \cdot S_i) = 2180 \cdot (0,32 \cdot 1 + 0,29 \cdot 2 + 0,10 \cdot 3 + 0,10 \cdot 3,0 + 0,07 \cdot 6 + 0,06 \cdot 6 + 0,06 \cdot 3) = 5363 \text{ авт./сут.}$$

Тогда, согласно ДБН В.2.3-4-2007, при заданной интенсивности $N=5363$ авт./сут. дорога относится ко II категории.

По таблице 3 принимаем:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| - Тип дорожной одежды | капитальный |
| - Материал покрытия | асфальтобетон |
| - Срок эксплуатации дорожной одежды | $T_{сл}=12$ лет |

1. Анализ исходных данных

По таблице 2 принимаем:

$K_H = 0,95$ – коэффициент надёжности;

$\beta = 1,645$ – характеристика надёжности ;

Коэффициенты прочности:

$K_{пр} = 1,43$ – упругий прогиб;

$K_{пр} = 1,48$ – сдвиг несвязных слоёв;

$K_{пр} = 1,35$ – изгиб монолитных слоёв.

Для дороги II категории в качестве расчетной нагрузки принимаем автомобиль группы А1 с нагрузкой на ось 115кН (см. стр. 10 МУ)

Расчетные параметры нагрузки А1 принимаем из табл. 4:

- удельное давление колеса на покрытие $p=0,8$ МПа,
- расчетный диаметр отпечатка колеса $D_d = 34,5$ см.

1. Анализ исходных данных

По рис. А.1 определяем номер дорожного района по грунтово-геологическим условиям:

- район III.Г.8

Для района III.Г.8 средняя районная расчетная относительная влажность земляного полотна для дороги II категории составит по табл. В.1:

$$W_p = 0,72$$

По таблице В.7 определяем расчетные значения характеристик грунта:

- модуль упругости грунта $E_y = 34$ МПа;
- угол внутреннего трения $\varphi = 14^0$;
- удельное сцепление $C = 0,015$ МПа

2. Определение суммарного количества приложений расчетной нагрузки

Определение интенсивности движения на конец срока службы $T_{сл}=12$ лет, приведенная к расчетному автомобилю группы А1.

Перспективная интенсивность движение на 12 год эксплуатации

$$N_{12} = \frac{N_{20}q^{T_{сл}}}{q^{20}} = \frac{2180 \cdot 1,05^{12}}{1,05^{20}} = 1476 \text{ авт/сут}$$

Из них

Вид транспортного средства	Доля в потоке	N_m	$S_{m, сум}$ (из табл. 6)	$N_m \cdot S_{m, сум}$
FIAT Ducato 14 2,8 D	0,29	428	0,00096	0,41088
КАМАЗ4326	0,10	148	0,09929	14,96462
RENAULT Midliner S 150-09B	0,10	148	0,08057	11,92436
SCANIAR114 4x2 340 +KRONEADP24	0,07	103	1,90295	196,00385
МАЗ642208-020+МАЗ93866	0,06	89	2,44931	217,98859
MERCEDES-BENZ Sprinter 200-400	0,06	89	0,00132	0,11748
Итого	0,68	1005		441,40978

По табл. 5 назначаем коэффициент полосности: $f_n =$

0,55

2. Определение суммарного количества приложений расчетной нагрузки

Среднесуточное перспективное количество проездов всех колес, которые размещены по одну сторону транспортного средства в пределах одной полосы проезжей части, приведенное к расчетной нагрузке, определяем по формуле (2):

$$N_p = f_n \sum_{m=1}^n N_m \cdot S_{m \text{ сум}} = 0,55 \times 441,40978 = 243 \text{ед./сут.}$$

2. Определение суммарного количества приложений расчетной нагрузки

Суммарное количество поездок расчетной нагрузки за срок службы дорожной одежды определяется по формуле (4):

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдр} \cdot K_n$$

где, $N_p = 243$ авт./сут.

$T_{рдр} = 140$ сут. (табл. 7) – количество расчётных суток за год для зоны У-IV запад.

$K_n = 1,49$ (табл. 8) – коэффициент отклонения суммарного движения от среднего.

K_c – коэффициент суммы по формуле (5):

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}-1}}{q-1} = \frac{1,05^{12}-1}{1,05-1} = 15,9$$

$T_{сл} = 12$ лет;

$q=1,05$ (задание)

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 351 \cdot \frac{15,9}{1,05^{(12-1)}} \cdot 140 \cdot 1,49 = 330307 \text{ ед.}$$

3. Конструирование трех вариантов дорожной одежды

Варианты конструкции дорожной одежды

Вариант 1

№	Материал слоя	h, см	Расчёт			
			Упругий прогиб E, Мпа	Сопротив. сдвигу E, Мпа	Расчёт при изгибе	
					E, Мпа	R _{лаб'} Мпа
1.	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	4400	1300	6000	10
2.	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	2800	900	3600	8,3
3.	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	600	600	600	
4.	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	400	400	400	
5.	Суглинок $W_p=0,72 W_t$		34	34	34	

3. Конструирование трех вариантов дорожной одежды

Варианты конструкции дорожной одежды

Вариант 2

№	Материал слоя	h, см	Расчёт			
			Упругий прогиб E, Мпа	Сопротив. сдвигу E, Мпа	Расчёт при изгибе	
					E, Мпа	R _{лаб'} Мпа
1.	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	4400	1300	6000	10
2.	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	2800	900	3600	8,3
3.	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	800	800	800	
4.	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	25	500	500	500	
5.	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$		34	34	34	

3. Конструирование трех вариантов дорожной одежды

Варианты конструкции дорожной одежды

Вариант 3

№	Материал слоя	h, см	Расчёт			
			Упругий прогиб E, Мпа	Сопротив. сдвигу E, Мпа	Расчёт при изгибе	
					E, Мпа	R _{лаб'} , Мпа
1.	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	4400	1300	6000	10
2.	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	10	2800	900	3600	8,3
3.	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная цементом	25	320	320	320	
4.	Песок средней крупности	30	120	120	120	
5.	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$		34	34	34	

4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Конструкция дорожной одежды отвечает требованиям надежности и прочности по критерию упругого прогиба, если

$$K_{пр} \leq E_{об} / E_{тр}, \quad (6)$$

где $K_{пр} = 1,43$ – коэффициент прочности дорожной одежды (табл. 2);
 $E_{об}$ – общий модуль упругости;
 $E_{тр}$ – требуемый модуль упругости с учетом капитальности дорожной одежды, типа покрытия и интенсивности движения (рис. 1).

По рис. 1 или по формуле:

$$E_{тр} = 42,843 * \ln(\sum N_p) - 315,68 = 229 \text{ МПа}$$

Требуемый модуль упругости для дорог общей сети не должен быть меньше величин, указанных в таблице 10.

$$E_{тр} = 229 \text{ МПа} < E_{тр, \min} = 235 \text{ МПа} \rightarrow \text{принимаем } E_{тр} = 235 \text{ МПа.}$$

$$E_{общ} = K_{пр} * E_{тр} = 1,43 * 235 = 336 \text{ МПа.}$$

4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}}$, Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400			
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800			
3	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	0,23	600			
4	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	0,87	400			
5	Суглинок $W_p=0,72 W_t$			34			

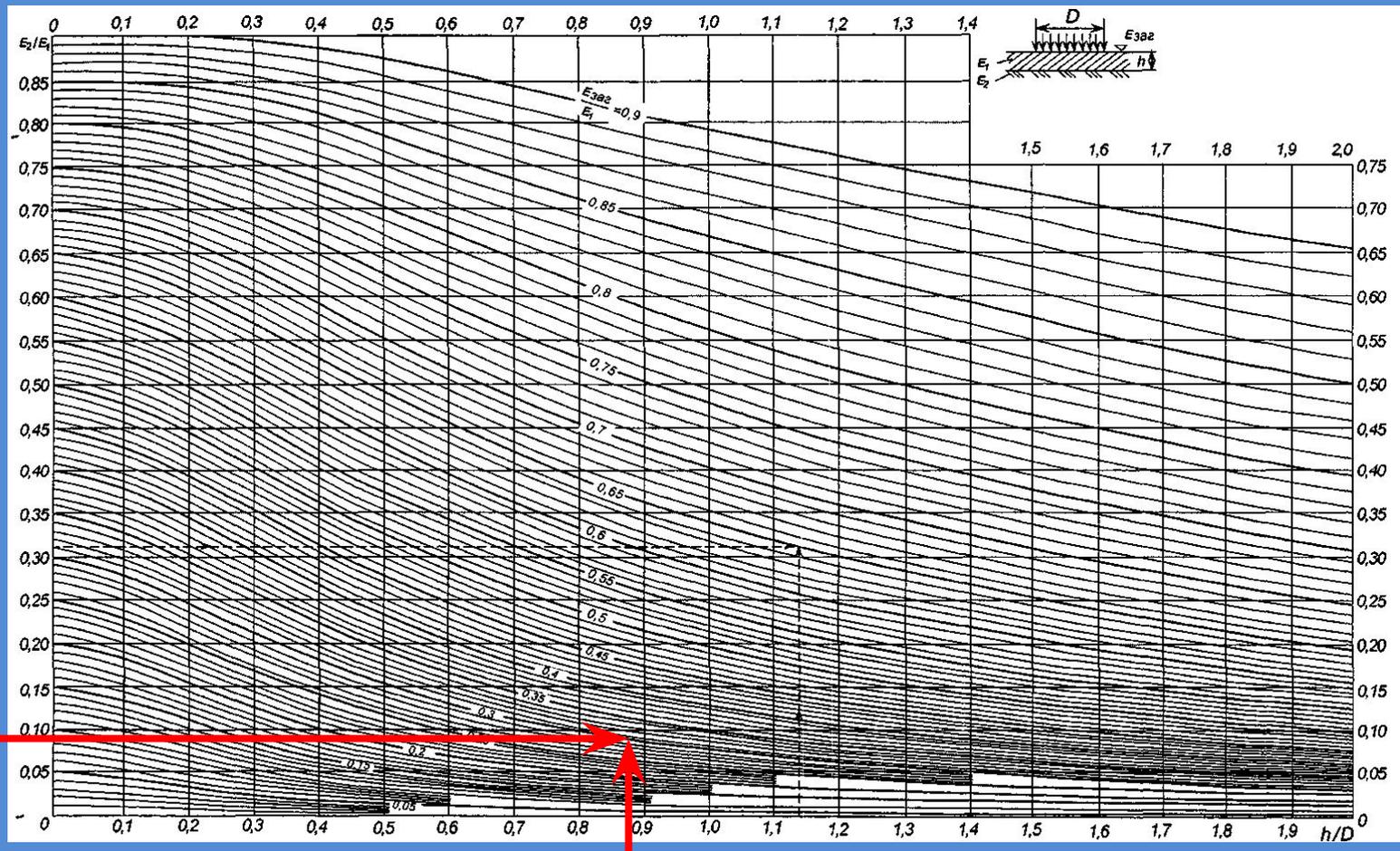
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

$$E_1 = 400 \text{ МПа} \quad E_2 = 34 \text{ МПа} \quad E_2 / E_1 = 0,085$$

$$h/D = 30/34,5 = 0,87$$

По номограмме находим $E_{об} / E_1 = 0,3$ тогда $E_{об} = E_1 * 0,3 = 400 * 0,3 = 120$ МПа



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}}'$ Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400			
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800			
3	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	0,23	600			
4	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	0,87	400	0,3	0,085	120
5	Суглинок $W_p=0,72 W_t$			34			

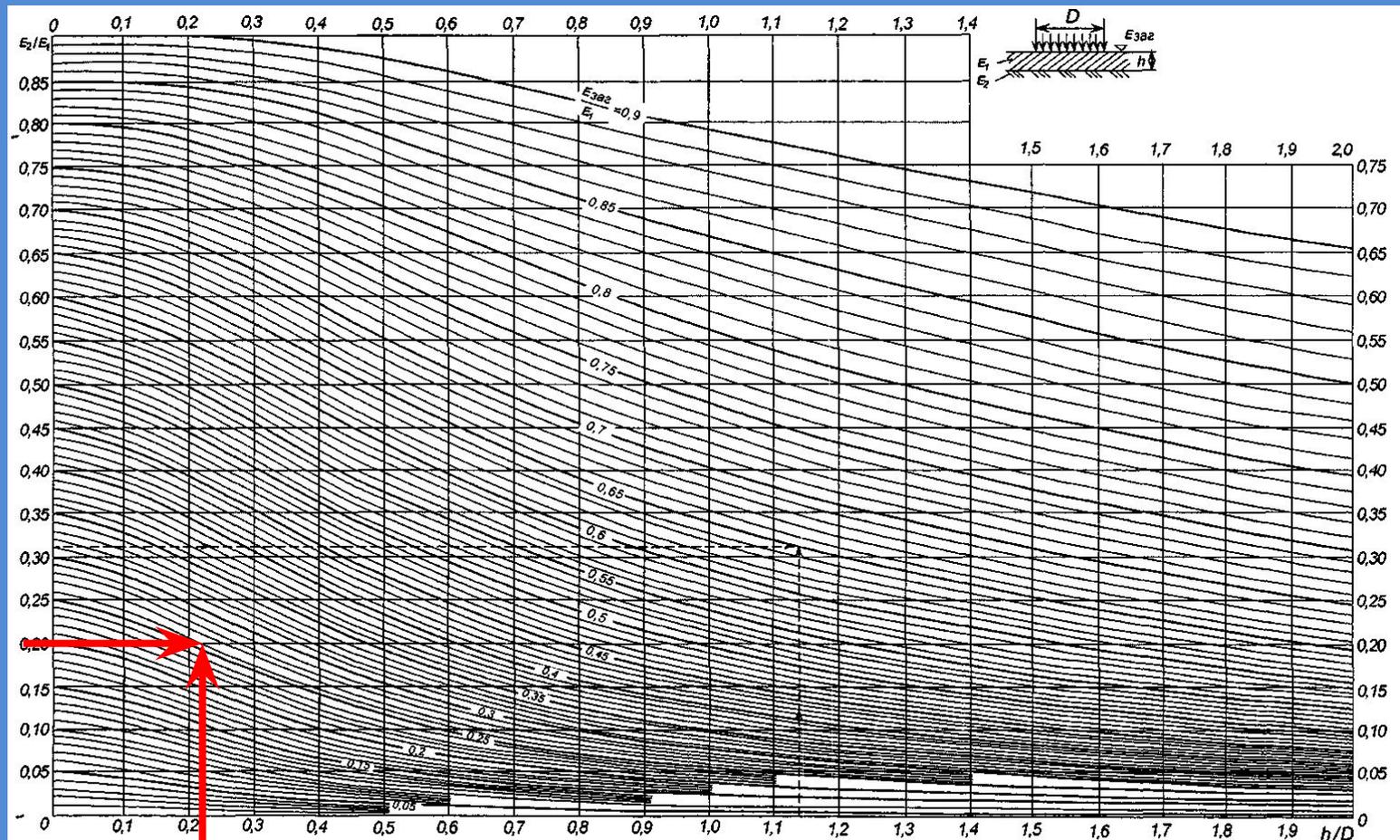
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

$$E_1 = 600 \text{ МПа} \quad E_2 = 120 \text{ МПа} \quad E_2 / E_1 = 0,2$$

$$h/D = 8/34,5 = 0,23$$

По номограмме находим $E_{об} / E_1 = 0,265$ тогда $E_{об} = 600 * 0,265 = 159 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}}'$ Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400			
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800			
3	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	0,23	600	0,265	0,200	159
4	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	0,87	400	0,3	0,085	120
5	Суглинок $W_p=0,72 W_t$			34			

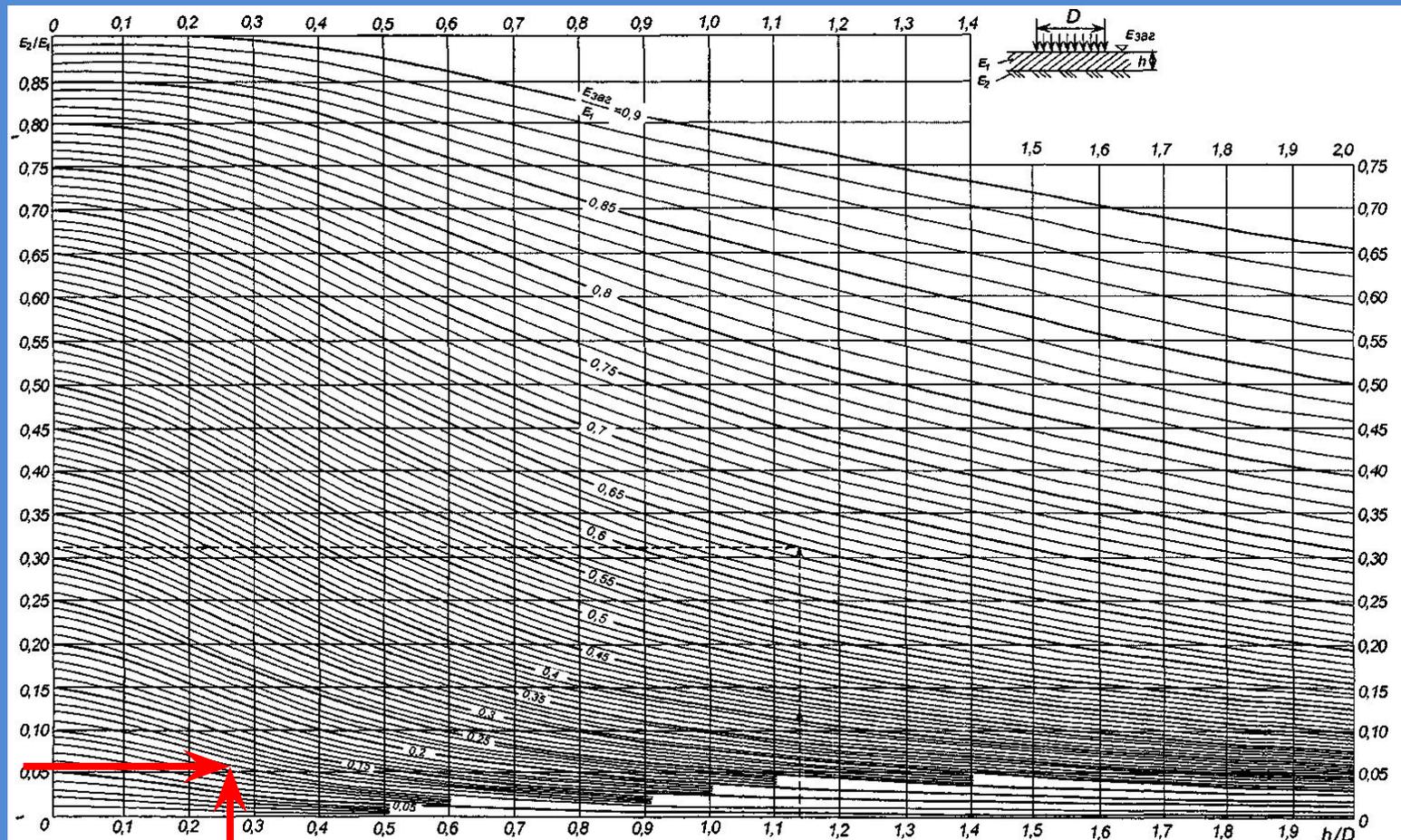
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

$$E_1 = 2800 \text{ МПа} \quad E_2 = 159 \text{ МПа} \quad E_2 / E_1 = 0,057$$

$$h/D = 9/34,5 = 0,26$$

По номограмме находим $E_{об} / E_1 = 0,1$ тогда $E_{об} = 2800 * 0,1 = 280 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}}'$ Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400			
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	0,1	0,057	280
3	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	0,23	600	0,265	0,200	159
4	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	0,87	400	0,3	0,085	120
5	Суглинок $W_p=0,72 W_t$			34			

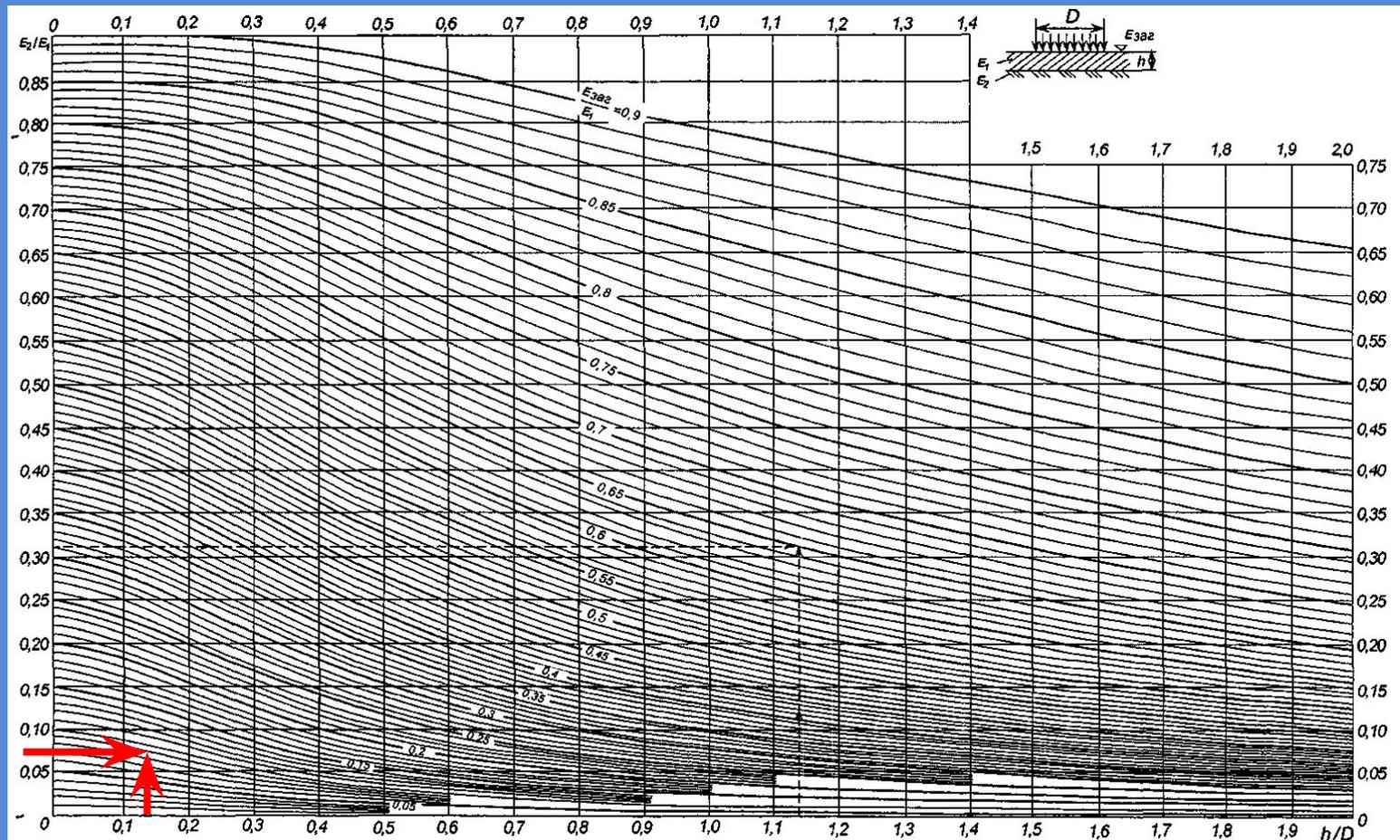
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

$$E_1 = 4400 \text{ МПа} \quad E_2 = 280 \text{ МПа} \quad E_2 / E_1 = 0,064$$

$$h/D = 5/34,5 = 0,14$$

По номограмме находим $E_{об} / E_1 = 0,083$ тогда $E_{об} = 4400 * 0,083 = 365 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Первый вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}},$ Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	0,083	0,064	365
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	0,1	0,057	280
3	Щебень с пропиткой вязким битумом	8	0,23	600	0,265	0,200	159
4	Фракционированный щебень по способу заклинки	30	0,87	400	0,3	0,085	120
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34			

$$E_{\text{об}} / E_{\text{тр}} = 365 / 235 = 1,55 > K_{\text{пр}} = 1,43$$

Условие прочности выполняется

4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{об}$, Мпа	$E_{об}/E_1$	E_2/E_1	E_2 , Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	336	0,076		
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800				
3	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	0,23	800				
4	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	X		500				
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34				

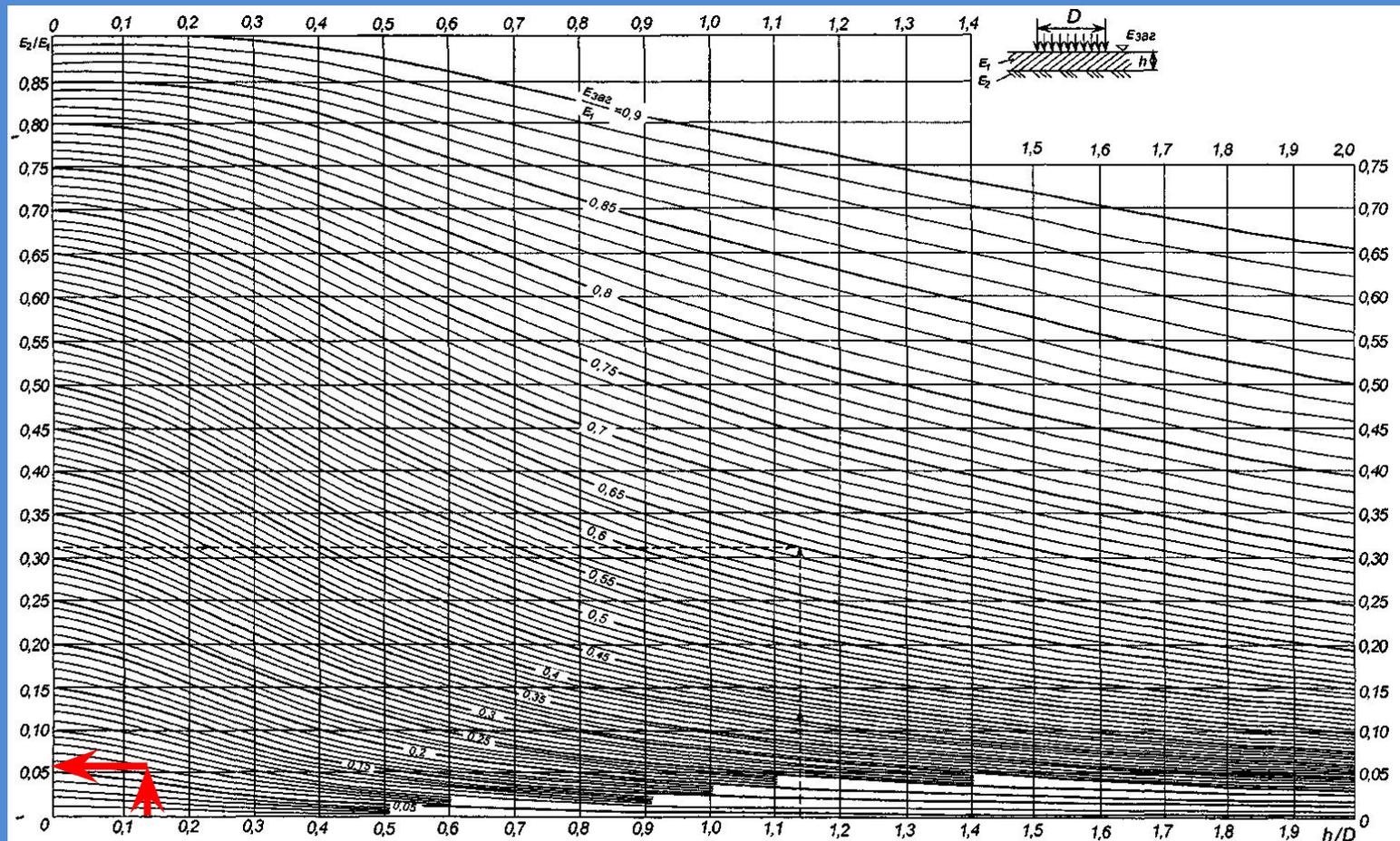
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

$$E_1 = 4400 \text{ МПа} \quad E_{об} = 336 \text{ МПа} \quad E_{об} / E_1 = 0,076$$

$$h/D = 5/34,5 = 0,14$$

По номограмме находим $E_2 / E_1 = 0,055$ тогда $E_2 = 4400 * 0,055 = 242 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{об}$, Мпа	$E_{об}/E_1$	E_2/E_1	E_2 , Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	336	0,076	0,055	242
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	242			
3	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	0,23	800				
4	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	X		500				
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34				

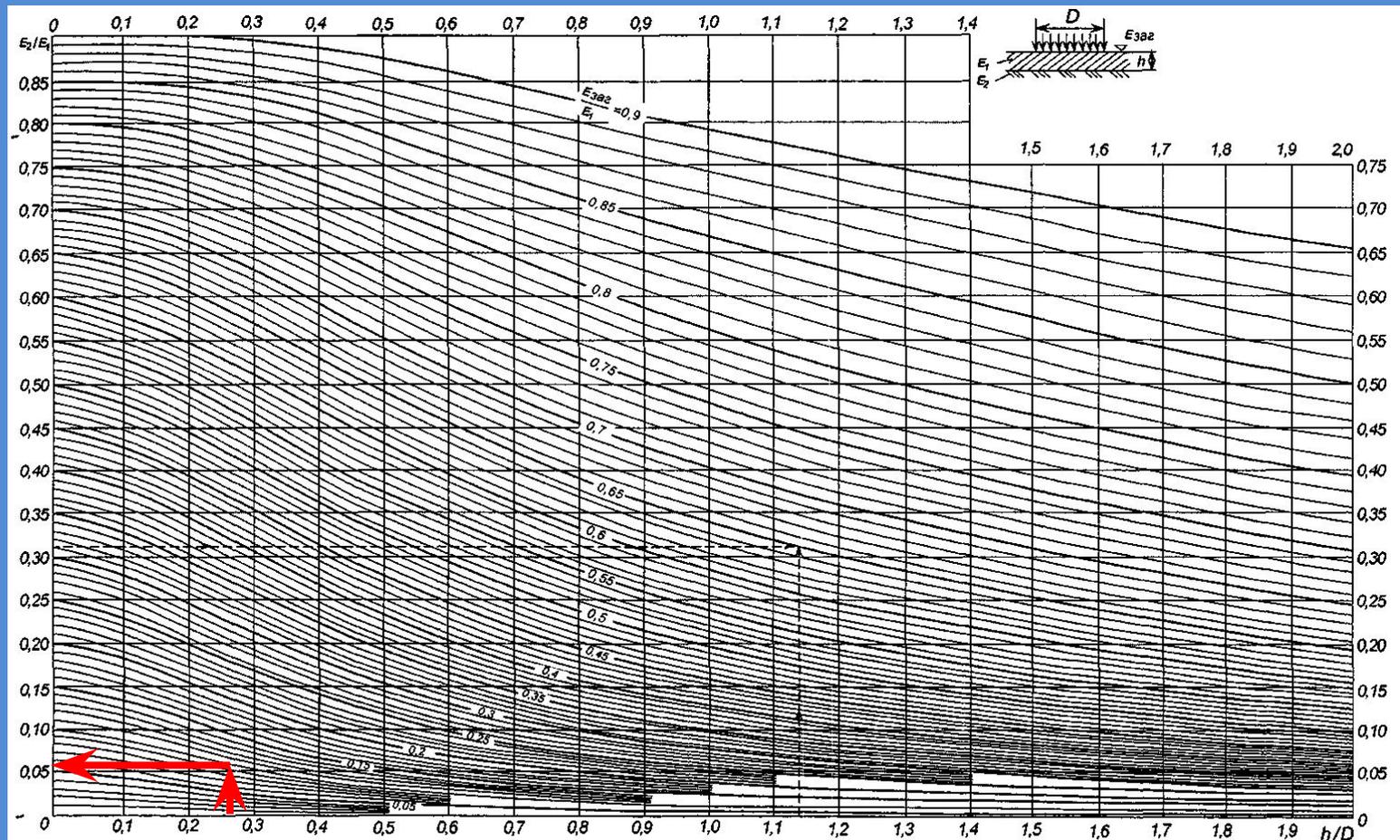
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

$$E_1 = 2800 \text{ МПа} \quad E_{об} = 242 \text{ МПа} \quad E_{об} / E_1 = 0,086$$

$$h/D = 9/34,5 = 0,26$$

По номограмме находим $E_2 / E_1 = 0,05$ тогда $E_2 = 2800 * 0,05 = 140 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{об}$, Мпа	$E_{об}/E_1$	E_2/E_1	E_2 , Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	336	0,076	0,055	242
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	242	0,086	0,05	140
3	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	0,23	800	140			
4	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	X		500				
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34				



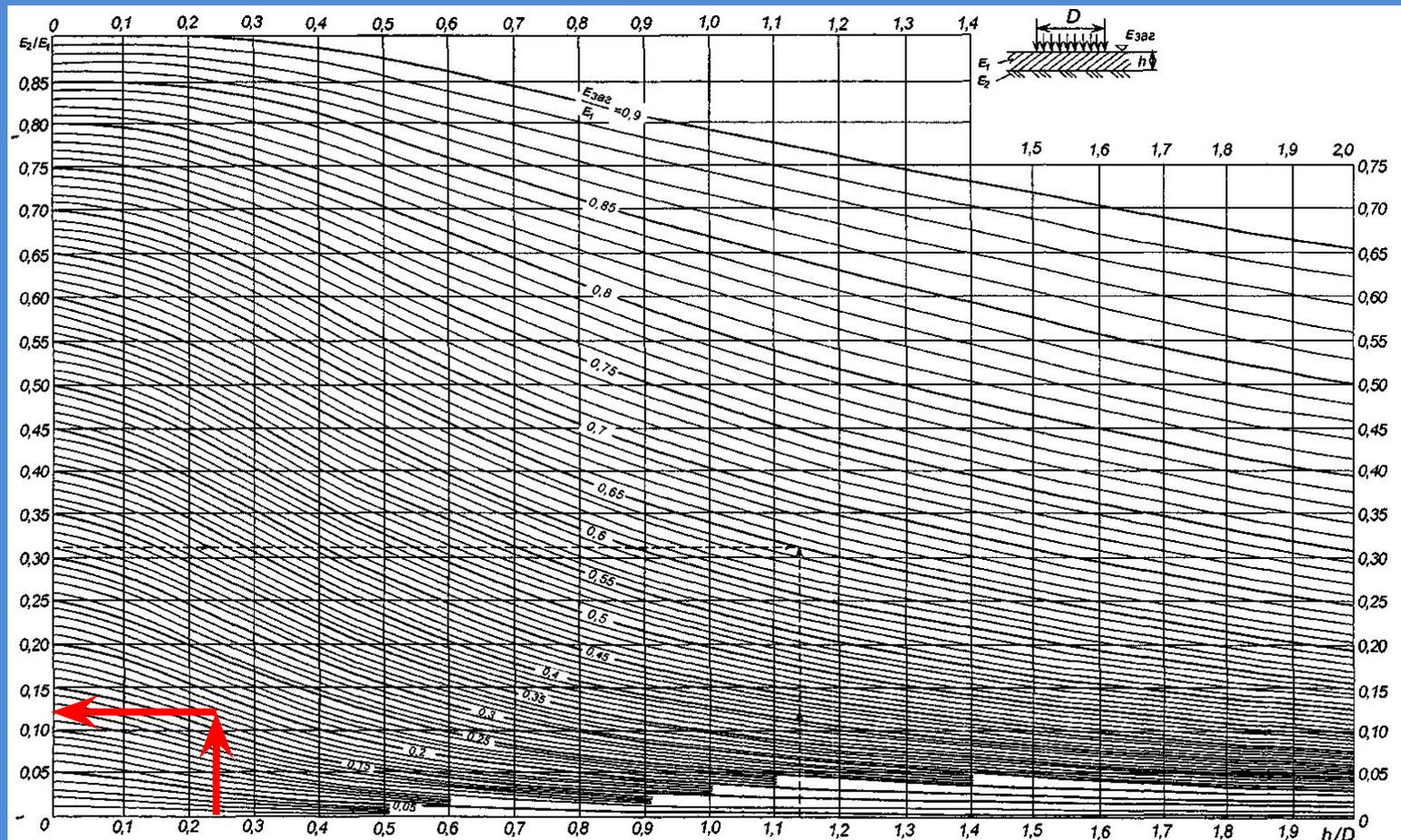
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

$$E_1 = 800 \text{ МПа} \quad E_{об} = 140 \text{ МПа} \quad E_{об} / E_1 = 0,175$$

$$h/D = 8/34,5 = 0,23$$

По номограмме находим $E_2 / E_1 = 0,12$ тогда $E_2 = 800 * 0,12 = 96 \text{ МПа}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{об}$, Мпа	$E_{об}/E_1$	E_2/E_1	E_2 , Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	336	0,076	0,055	242
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	242	0,086	0,05	140
3	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	0,23	800	140	0,175	0,12	96
4	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	X		500	96			34
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34				



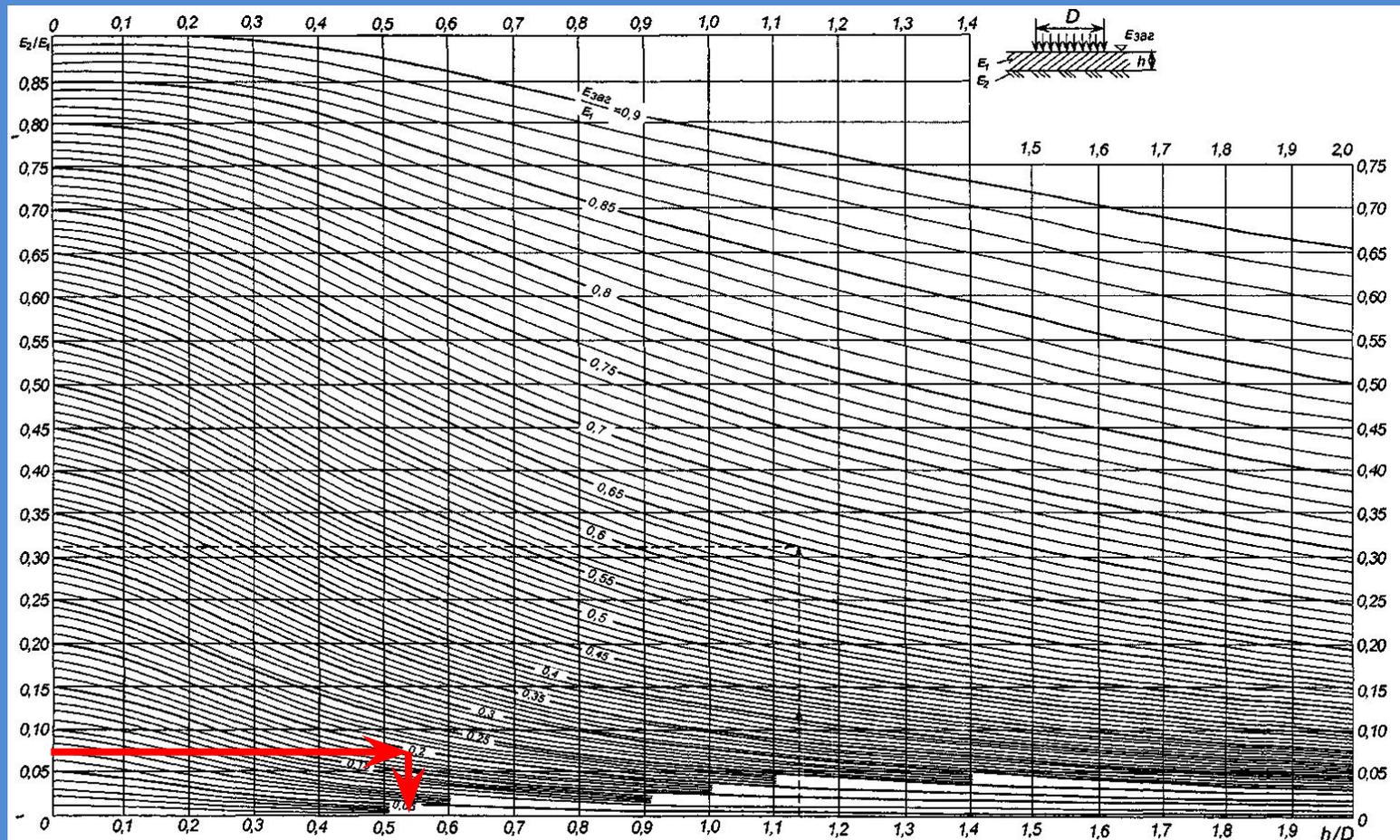
4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

$$E_1 = 500 \text{ МПа} \quad E_{об} = 96 \text{ МПа} \quad E_{об} / E_1 = 0,192$$

$$E_1 = 500 \text{ МПа} \quad E_2 = E_{гр} = 34 \text{ МПа} \quad E_2 / E_1 = 0,068$$

По номограмме находим $h/D = 0,55$ тогда $h = 37,5 * 0,55 = 21 \text{ см}$



4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Второй вариант (расчет «сверху вниз») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , МПа	$E_{об}$, МПа	$E_{об}/E_1$	E_2/E_1	E_2 , МПа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	336	0,076	0,055	242
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	9	0,26	2800	242	0,086	0,05	140
3	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	8	0,23	800	140	0,175	0,12	96
4	Фракционированный щебень, укрепленный цементно-песчаной смесью	21	0,55	500	96	0,192	0,068	34
5	Суглинок $W_p = 0,72 W_t$			34				

Для обеспечения требуемого модуля упругости дорожной одежды $E_{тр} = 235$ МПа толщина нижнего слоя основания должна быть не менее 21 см. Из конструктивных соображений принимаем 25 см.

Полученное значение должно удовлетворять требованиям таблицы 1 ($h_{min} = 8$ см)

4. Расчет по допустимому упругому прогибу

Третий вариант (расчет «снизу вверх») :

№ слоя	Материал слоя	h_i , см	h_i/D	E_1 , Мпа	$E_{\text{общ}}/E_1$	E_2/E_1	$E_{\text{общ}},$ Мпа
1	А/б м/з плотный на битуме БНД 40/60	5	0,14	4400	0,083	0,064	365
2	А/б к/з пористый на битуме БНД 40/60	10	0,29	2800	0,1	0,051	280
3	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная цементом	25	0,72	320	0,45	0,214	144
4	Песок средней крупности	30	0,87	120	0,57	0,283	68,4
5	Суглинок $W_p=0,72 W_t$			34			

$$E_{\text{об}} / E_{\text{тр}} = 365 / 235 = 1,55 > K_{\text{пр}} = 1,43$$

Условие прочности выполняется

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

При действии расчетной нагрузки в слоях дорожной одежды, не обладающих большой связностью, не должно возникать явлений сдвига, приводящих к деформациям дорожных одежд.

Деформации сдвига в конструкции дорожной одежды не будут накапливаться, если будет обеспечено условие:

$$K_{пр} = T_{гр} / T_a, \quad (9)$$

где $K_{пр} = 1,48$ – коэффициент прочности дорожной одежды (табл. 2);

$T_{гр}$ – предельная величина активного напряжения сдвига, превышение которой вызовет нарушение прочности на сдвиг;

T_a – расчетное активное напряжение сдвигу в расчетной точке конструкции от действия временной нагрузки.

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Первый вариант

При расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели.

За нижний слой принимают грунт (с его характеристиками, а за верхний – все вышележащие слои дорожной одежды).

Характеристики грунта : $E_{\text{н}} = E_{\text{гр}} = 34 \text{ МПа}$; $\phi = 14^{\circ}$; $C = 0,015 \text{ МПа}$.

Толщину верхнего слоя $h_{\text{с}}$ принимают равной сумме толщины всех слоев

$$h_{\text{с}} = \sum h_i = 5 + 9 + 8 + 30 = 52 \text{ см}$$

Модуль упругости верхнего слоя модели определяют по формуле:

$$E_{\text{с}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

$$E_{\text{с}} = \sum E_i * h_i / \sum h_i = (1300 * 5 + 900 * 9 + 600 * 8 + 400 * 30) / 52 = 604 \text{ МПа}$$

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Первый вариант

Активное напряжение сдвигу T_a возникающие в грунте или в песчаном слое, определяют по формуле:

$$T_a = \tau_n * p \quad (11)$$

где τ_n – относительное активное напряжение сдвигу от одиночной нагрузки, определяется с помощью номограмм (рис. 3 и 4);

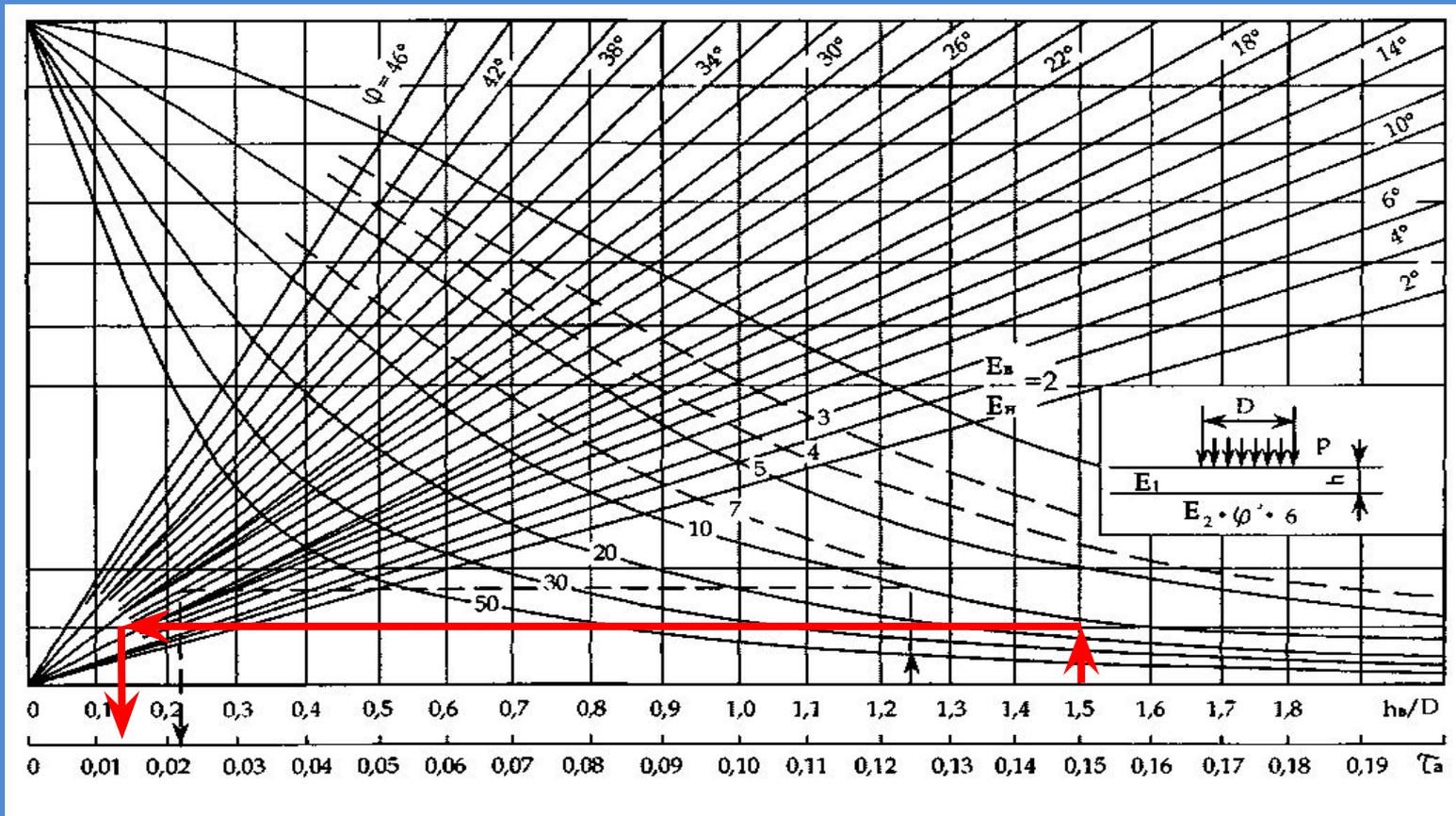
$p = 0,8 \text{ МПа}$ – расчетное давление колеса на покрытие (см. табл. 4).

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Первый вариант

$$E_B/E_H = 17,8; \quad h_B/D = 1,5; \quad \phi = 14^\circ$$

Тогда $\tau_H = 0,014$



5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Первый вариант

Активное напряжение сдвига: $T_a = \tau_n * p = 0,014 * 0,8 = 0,0112$ МПа

Предельную величину активного напряжения сдвига $T_{гр}$ в грунте земляного полотна (или в песчаном слое дорожной одежды) определяют по формуле:

$$T_{гр} = C * k_d + 0,1 * \gamma_{ср} * Z_{он} * \text{tg}(\phi_N) = 0,015 * 2 + 0,1 * 0,002 * 52 * \text{tg}14^0 = 0,0326 \text{ МПа.}$$

$k_d = 2$ – коэффициент работы.

$Z_{он} = 52$ см – глубина размещения поверхностного грунта.

$\gamma_{ср} = 0,002$ кг/см³ – средний удельный вес конструкции слоёв.

$$T_{гр} / T_a = 0,0326 / 0,0112 = 2,91 > K_{пр} = 1,48 \text{ – условие прочности выполняется}$$

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Второй вариант

$h_B = \sum h_i = 47$ см – толщина верхнего слоя.

$E_B = \sum E_i * h_i / \sum h_i = 713$ МПа.

$E_B / E_H = 21$; $h_B / D = 1,36$; $\phi = 14^0$

Тогда $\tau_H = 0,015$

Активное напряжение сдвига :

$T_a = \tau_H * p = 0,015 * 0,8 = 0,012$ МПа.

Предельно-активное напряжение сдвига :

$T_{гр} = C * k_d + 0,1 * \gamma_{ср} * Z_{он} * \text{tg}(\phi_N) = 0,015 * 2 + 0,1 * 0,002 * 47 * \text{tg}14^0 = 0,0323$ МПа.

$k_d = 2$ – коэффициент работы.

$Z_{он} = 47$ см – глубина размещения поверхностного грунта.

$\gamma_{ср} = 0,002$ кг/см³ – средний удельный вес конструкции слоёв.

$T_{гр} / T_a = 0,0323 / 0,012 = 2,7 > K_{пр} = 1,48$ – условие прочности выполняется.

5. Расчет из условия сдвигоустойчивости в грунте земляного полотна

Третий вариант

$h_B = \sum h_i = 70$ см – толщина верхнего слоя.

$E_B = \sum E_i * h_i / \sum h_i = 713$ МПа.

$E_B / E_H = 11,4;$ $h_B / D = 2;$ $\phi = 14^0$

Тогда $\tau_H = 0,011$

Активное напряжение сдвига :

$T_a = \tau_H * p = 0,011 * 0,8 = 0,0088$ МПа.

Предельно-активное напряжение сдвига :

$T_{пр} = C * k_D + 0,1 * \gamma_{ср} * Z_{он} * \text{tg}(\phi_N) = 0,015 * 2 + 0,1 * 0,002 * 70 * \text{tg}14^0 = 0,0335$ МПа.

$k_D = 2$ – коэффициент работы.

$Z_{он} = 70$ см – глубина размещения поверхностного грунта.

$\gamma_{ср} = 0,002$ кг/см³ – средний удельный вес конструкции слоёв.

$T_{пр} / T = 0,0335 / 0,0088 = 3,81 > K_{пр} = 1,48$ – условие прочности выполняется.

6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе

В монолитных слоях дорожной одежды из асфальтобетона, полимерасфальтобетона, материалов из грунтов, укрепленных вяжущими, напряжения, возникающие при изгибе дорожной одежды под действием кратковременных нагрузок не должны вызывать нарушения структуры одежды и приводить к возникновению трещин, т.е. должно быть обеспечено условие

$$K_{пр} \leq R_{доп} / \sigma_r \quad (13)$$

где $K_{пр} = 1,35$ – коэффициент прочности дорожной одежды (табл. 2);
 $R_{доп}$ – предельно допустимое напряжение растяжения материала слоя с учетом усталости;
 σ_r – наибольшее напряжение растяжения в рассматриваемом слое, которое определяется расчетом.

6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе

Первый вариант

Модуль упругости нижнего слоя $E_{об. осн} = 159$ МПа (принимается из расчета на упругий прогиб как общий модуль для всех слоев ниже монолитного – см. слайд №17);

$h_B = 14$ см

$$E_B = \sum E_i * h_i / \sum h_i = (6000 * 5 + 3600 * 9) / 14$$

=

= 4457 МПа.

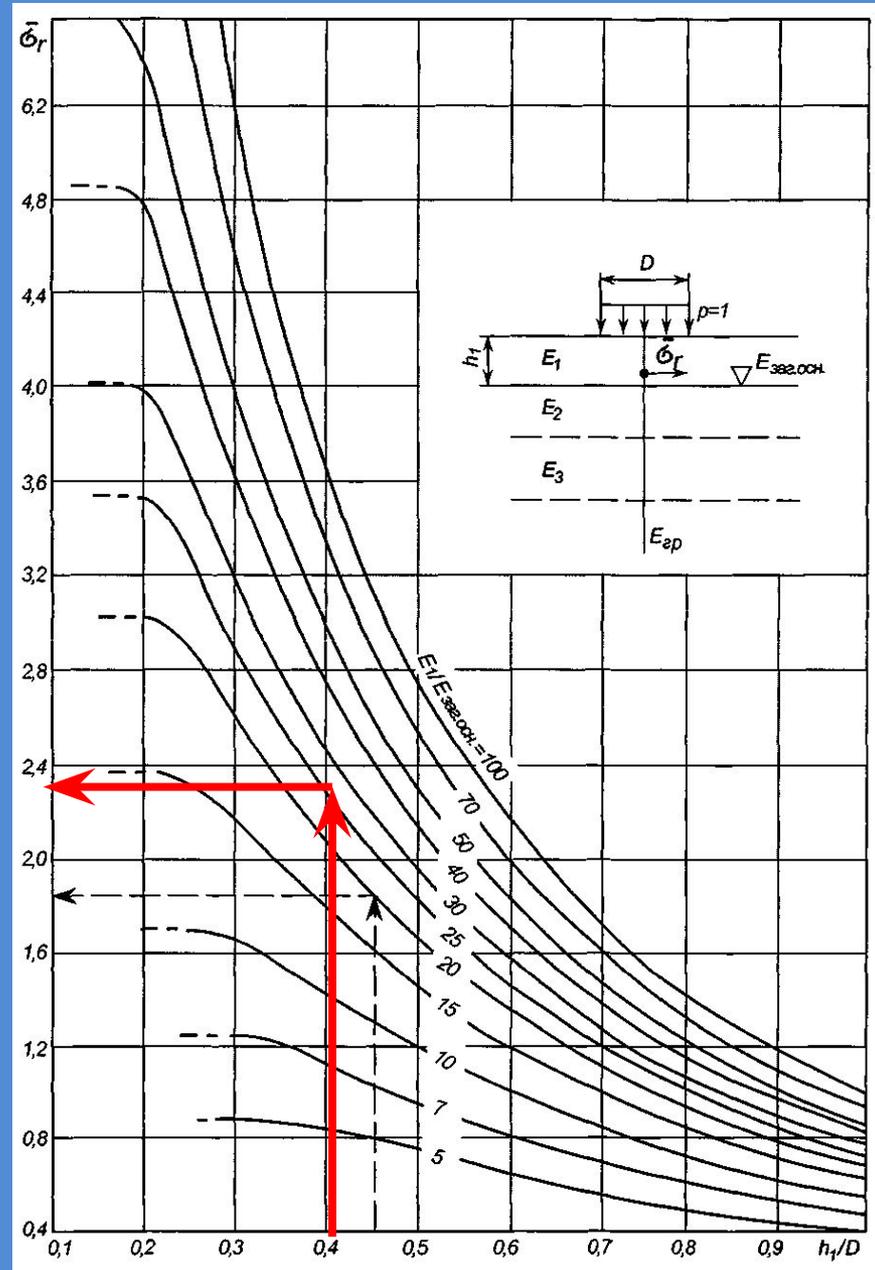
$$h_B / D = 0,41; E_B / E_{об. осн} = 28$$

следовательно, единичное растягивающее напряжение по рис. 5

$$\sigma_{r1} = 2,32$$

Тогда полное растягивающее напряжение:

$$\sigma = \sigma_{r1} * p * K_{\sigma} = 2,32 * 0,8 * 0,85 = 1,58 \text{ МПа}$$



6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе

Первый вариант

Предельно допустимое напряжение растяжению материала слоя с учетом усталости:

$$R_p = R_{\text{лаб}} * k_m * k_T * k_{\text{кп}} = 8,3 * 1 * 1 * 1 = 8,3 \text{ МПа.}$$

$R_{\text{лаб}} = 8,3 \text{ МПа}$ – лабораторное значение прочности при изгибе самого нижнего из монолитных слоев.

$k_m = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от действия погодно-климатических факторов;

$k_T = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от температурного воздействия;

$k_{\text{кп}} = 1$ – коэффициент кратковременности и повторяемости нагрузки.

$R_p / \sigma_r = 8,3 / 1,58 = 5,26 > 1,35$ – условие прочности выполняется.

6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе

Второй вариант

Модуль упругости нижнего слоя $E_{об. осн} = 160 \text{ МПа}$;

$h_B = 14 \text{ см}$

$E_B = \sum E_i * h_i / \sum h_i = 4457 \text{ МПа}$.

$h_B / D = 0,41$; $E_B / E_{об. осн} = 28$

следовательно, единичное растягивающее напряжение $\sigma_{r1} = 2,32$

Тогда полное растягивающее напряжение:

$\sigma_r = \sigma_{r1} * \rho * K_\sigma = 2,32 * 0,8 * 0,85 = 1,58 \text{ МПа}$

Прочность при растяжении монолитного слоя:

$R_p = R_{лаб} * k_m * k_T * k_{кп} = 8,3 * 1 * 1 * 1 = 8,3 \text{ МПа}$.

$R_{лаб} = 8,3 \text{ МПа}$ – лабораторное значение прочности при изгибе нижнего слоя.

$k_m = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от действия погодно-климатических факторов;

$k_T = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от температурного воздействия;

$k_{кп} = 1$ – коэффициент кратковременности и повторяемости нагрузки.

$R / \sigma_r = 8,3 / 1,58 = 5,26 > 1,35$ – условие прочности выполняется.

6. Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе

Третий вариант

Модуль упругости нижнего слоя $E_{об. осн} = 144 \text{ МПа}$;

$h_B = 15 \text{ см}$

$E_B = \sum E_i * h_i / \sum h_i = 4400 \text{ МПа}$.

$h_B / D = 0,435$; $E_B / E_{об. осн} = 31$

следовательно, единичное растягивающее напряжение $\sigma_{r1} = 2,35$

Тогда полное растягивающее напряжение:

$\sigma_r = \sigma_{r1} * \rho * K_\sigma = 2,35 * 0,8 * 0,85 = 1,6 \text{ МПа}$

Прочность при растяжении монолитного слоя:

$R_p = R_{лаб} * k_m * k_T * k_{кп} = 8,3 * 1 * 1 * 1 = 8,3 \text{ МПа}$.

$R_{лаб} = 8,3 \text{ МПа}$ – лабораторное значение прочности при изгибе нижнего слоя.

$k_m = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от действия погодно-климатических факторов;

$k_T = 1$ – коэффициент снижения прочности во времени от температурного воздействия;

$k_{кп} = 1$ – коэффициент кратковременности и повторяемости нагрузки.

$R / \sigma_r = 8,3 / 1,6 = 5,19 > 1,35$ – условие прочности выполняется.

7. Проверка конструкции дорожной одежды на морозостойкость

Целью расчета конструкции дорожной одежды на морозостойкость является обеспечение необходимой устойчивости дорожного покрытия против нарушения ровности при неравномерном набухании грунтов земляного полотна, т.е. недопущения появления деформаций от морозного пучения, которые превышают допустимые.

Проверку на морозоустойчивость не производят в следующих случаях:

а) в районах с глубиной промерзания меньше 0,7м (см. рис. 7);
Закарпатская область – 65 см, значит расчет не производится

б) при устройстве земляного полотна из непучинистых или слабопучинистых грунтов (табл. 13).

Грунт земляного полотна - тяжелый суглинок

По табл. 13 – грунт очень пучинистый, тогда расчет производится

7. Проверка конструкции дорожной одежды на морозостойкость

Целью расчета конструкции дорожной одежды на морозостойкость является обеспечение необходимой устойчивости дорожного покрытия против нарушения ровности при неравномерном набухании грунтов земляного полотна, т.е. недопущения появления деформаций от морозного пучения, которые превышают допустимые.

Проверку на морозоустойчивость не производят в следующих случаях:

в) в случаях, когда толщина дорожной одежды по условиям прочности превышает $2/3$ глубины промерзания;

*$2/3$ глубины промерзания = $2/3 * 65 = 43,3$ см < 52 см, 47 см, 70 см (толщина 3 вариантов дорожной одежды), значит, расчет не требуется.*

г) на участках с 1 типом местности по увлажнению, за исключением участков с капитальной дорожной одеждой при пылеватых грунтах земляного полотна, если не предусмотрены мероприятия по предотвращению проникновения воды в дорожную конструкцию.