

1 Расчет прочности дорожной одежды и земляного полотна

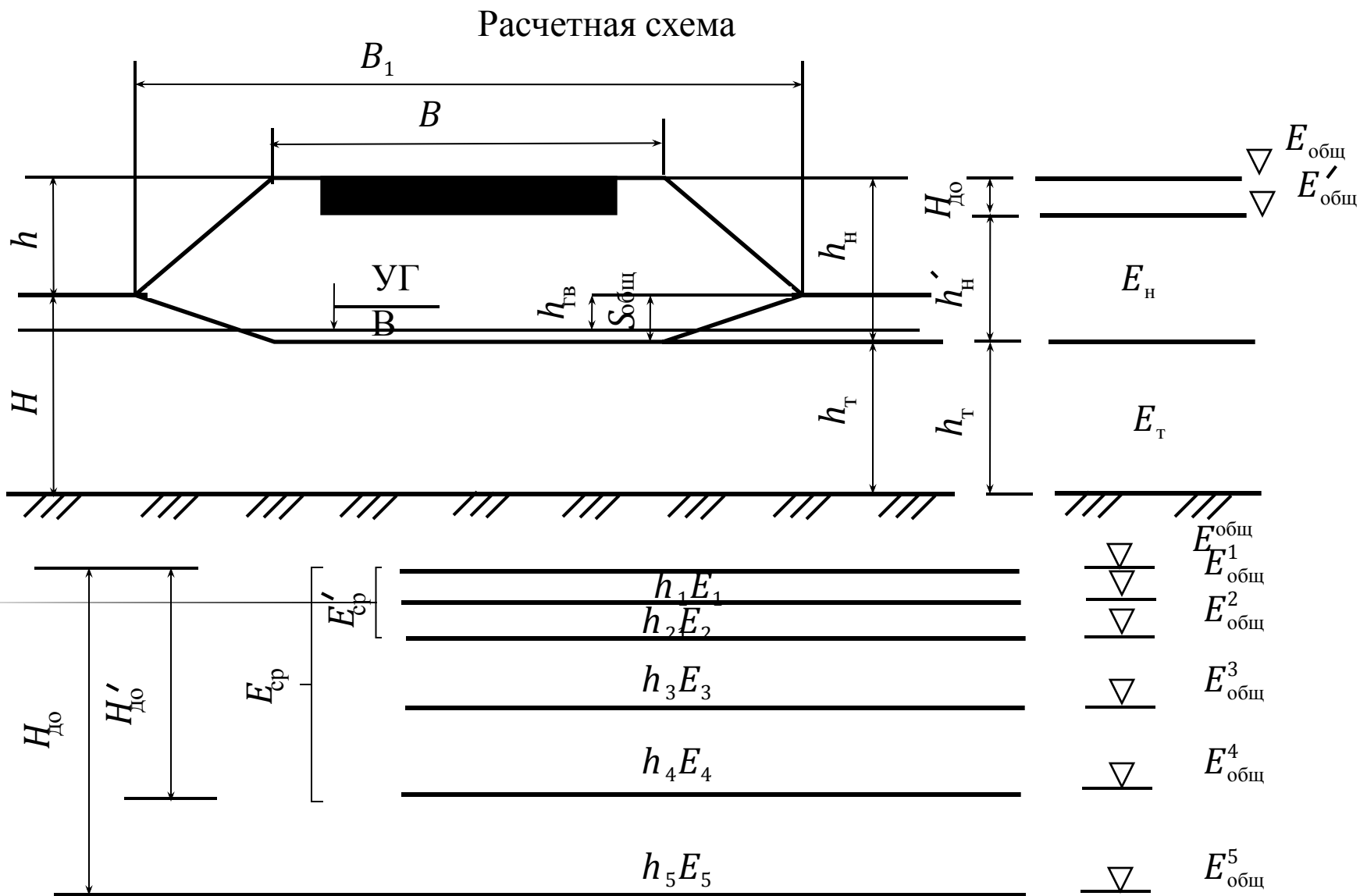


Рисунок 1

$$H_{\text{до}} / D \quad \text{и} \quad E_{\text{общ}} / E_{\text{ср до}}$$

$$E_{\text{ср до}} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum_1^n E_i h_i}{H_{\text{до}}} \quad (1)$$

Таблица 1 – Общий модуль упругости на поверхности насыпи

$E_{\text{ср до}} / E_{\text{общ тр}}^H$	$E_{\text{общ}} / E_{\text{ср до}}$ для значений $H_{\text{до}} / D$															
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
7	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44
8	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42
9	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,40
10	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
11	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,37
12	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36
13	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,26	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35
14	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34
15	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,33
16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29

Пример

Исходные данные:

Группа нагрузок – А2;

Дорожное покрытие – капитальное усовершенствованное;

Толщина и модули упругости слоев дорожной одежды:

верхний слой покрытия – плотный асфальтобетон, $h_1 = 5$ см; $E_1 = 3200$ МПа;

верхний слой основания – пористый асфальтобетон, $h_2 = 8$ см; $E_2 = 2000$ МПа;

нижний слой основания – песчано-щебеночная смесь, $h_3 = 25$ см; $E_1 = 240$ МПа;

технологический слой – природная песчано-гравийная смесь, $h_4 = 15$ см; $E_1 = 150$ МПа;

Грунт земляного полотна – песок мелкий;

Диаметр отпечатка колеса расчетного автомобиля $D = 37$ см;

Требуемый модуль упругости $E_{\text{общ}} = 255$ МПа.

Таблица 2 – Модуль упругости песчаных грунтов

Вид грунта	Модуль упругости, МПа
Пески крупные и гравелистые	130
Пески средней крупности	120
Пески мелкие	100

2 Расчет конечной осадки и толщины насыпного слоя

$$E_{\text{общ}}^{\text{H}} = \frac{E_{\text{H}} E_{\text{T}}}{E_{\text{H}} m + E_{\text{T}} K n \eta}, (2)$$

Таблица 3 – Коэффициент m

$h'_{\text{H}}/Д$	0,2	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
m	0,198	0,496	0,658	0,761	0,817	0,854	0,876	0,892

$h'_{\text{H}}/Д$	4	5	6	8	10	12	16	20
m	0,907	0,925	0,938	0,953	0,963	0,968	0,977	0,988

$$h'_{\text{H}} = h + S_{\text{общ}} - H_{\text{до}}$$

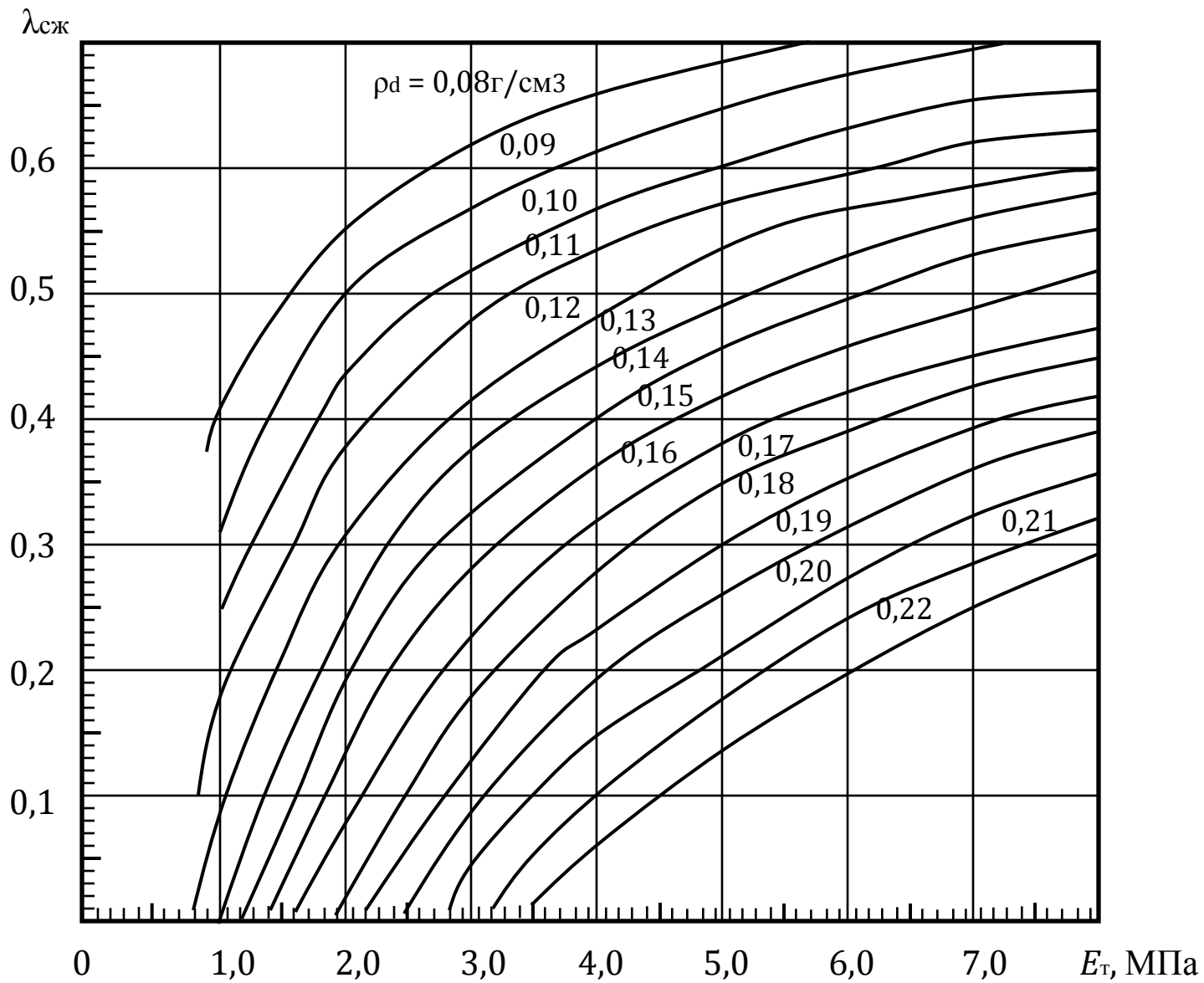


Рисунок 2 – Номограмма для определения модуля упругости торфяного основания

Рисунок 3- График для определения коэффициента K

Рисунок 4- График для определения коэффициента η

Таблица 4 – Коэффициент n

$h_{н}/Д$	$\leq 2,5$	3,0	3,5	4,0	4,5	$\geq 5,0$
n	5	4	3	2	1,5	1,3

1.2 Динамический расчет земляного полотна

1.2.1 Общие положения

$$a_{\text{факт}} \leq a_{\text{доп}} \quad (3)$$

$$a_{\text{факт}} = A\omega^2 \quad (4)$$

$$A = l(K_{\text{дин}} - 1) \quad (5)$$

Рисунок 6 – График для определения динамического коэффициента

Рисунок 5 - Предельно допустимые ускорения колебания земляного полотна:
I – усовершенствованных капитальных покрытий; II – облегченных; III - переходных

Динамический расчет производится в следующей последовательности:

- определяется частота собственных колебаний насыпи на торфяном основании;
- определяется амплитуда колебаний насыпи;
- вычисляется ускорение колебаний проектируемой насыпи;
- определяются предельно допустимые ускорения колебаний;
- проверяется допустимость ускорений колебаний проектируемой насыпи;
- намечаются мероприятия по уменьшению ускорений колебания, если они превышают предельно допустимые значения.

1.2.2 Определение частоты собственных колебаний насыпи на торфяном основании

1-ый случай: $h_n/h_T \geq 0,5$;

2-ой случай: $h_n/h_T < 0,5$.

Для первого расчетного случая:

$$\omega = \sqrt{\frac{E_{прг}}{R_{расч} h_n \eta \alpha_0}} \quad (6)$$

Для второго расчетного случая:

$$\omega = 1/h_T \sqrt{\frac{E_{прг}}{\rho_T (1 + K_2/3K_1)}} \frac{K_2}{K_1} \quad (7)$$

$$K_1 = h_H/h_T \quad (9)$$

$$K_2 = \rho_T/\rho_H \quad (10)$$

Таблица 3 – Коэффициент α_0

$2h_T/D$	α_0	$2h_T/D$	α_0	$2h_T/D$	α_0	$2h_T/D$	α_0
0,00	0,00	1,0	0,50	3	0,81	10	0,94
0,25	0,13	1,5	0,64	4	0,86	20	0,97
0,50	0,26	2,0	0,73	5	0,89	50	0,99
0,75	0,39	2,5	0,78	7	0,92	∞	1,00

$$h_H = h + S_{\text{общ}} = H_{\text{од}} + h' \quad (11)$$

$$l = (\rho_D / E_T) K \eta n \quad (12)$$

1.3 Расчет осадки земляного полотна

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{от}} \quad (13)$$

$$S_{\text{от}} = \Sigma(\lambda_{\text{от}} h_i) = \Sigma S_{\text{от}} \quad (14)$$

Таблица 4 – Относительная деформация $\lambda_{\text{от}}$

τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$	τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$	τ , МПа	$\lambda_{\text{от}}$
0,001	1,00	0,006	0,55	0,011	0,20
0,002	1,00	0,007	0,45	0,012	0,15
0,003	1,00	0,008	0,37	0,013	0,10
0,004	0,82	0,009	0,30	0,014	0,05
0,005	0,67	0,010	0,25	0,015	0,00

$$S_{сж} = \sum \lambda_{iот} (h_i - S_{iот}) \quad (15)$$

$$P_{расч} = K_0 \lambda_{сж} + P_0 \quad (16)$$

$$\lambda_{сж} = S_{сж} / (H - S_{от}) \quad (17)$$

$$K_0 = \rho_H^{B3B} H (1 - \lambda_{от}) \quad (18)$$

$$P_0 = \rho_H (h + h_{ГВ}) + \rho_H^{B3B} (H \lambda_{от} - h_{ГВ}) \quad (19)$$

$$\lambda_{от} = S_{от} / H \quad (20)$$

Рисунок 1 – Номограмма для определения осадки торфяных грунтов
(цифры на кривых – коэффициент пористости e)

Расчет дорожных насыпей на слабых основаниях

Исходные данные:

Категория дороги – III;

- дорожная одежда – усовершенствованная облегченного типа;
- конструкция дорожной одежды: асфальтобетон мелкозернистый – $h_1 = 3$ см ($E_1 = 3200$ МПа), асфальтобетон крупнозернистый – $h_2 = 7$ см ($E_2 = 2200$ МПа),
- песчано-щебеночная смесь – $h_3 = 15$ см ($E_3 = 250$ МПа), песчано-гравийная смесь – $h_4 = 20$ см ($E_4 = 180$ МПа);
- требуемый модуль упругости $E_{\text{общ}} = 170$ МПа;
- грунт насыпи – песок мелкий ($E_{\text{н}} = 100$ МПа);
- средняя плотность грунта насыпи и материалов дорожной одежды $\rho_{\text{н}} = 2,1$ т/м³;
- плотность грунта насыпи во взвешенном состоянии $\rho_{\text{н}}^{\text{взв}} = 1,1$ т/м³;
- мощность болотных грунтов: осоково-травяной торф – $h_1 = 0,6$ м ($\tau_1 = 0,012$ МПа), осоковый торф – $h_2 = 1,2$ м ($\tau_2 = 0,011$ МПа),
- осоково-гипновый торф – $h_3 = 1,8$ м ($\tau_3 = 0,014$ МПа);
- расчетный поперечник характеризуется следующими показателями: $H = 360$ см; $e_0 = 10,0$; $\rho_{\text{д}} = 0,140$ г/см³; $\tau = 0,012$ МПа;
- рабочая отметка насыпи $h = 2,8$ м;
- глубина залегания грунтовых вод $h_{\text{гв}} = 0,5$ м;
- параметры нагрузки $p = 0,6$; $D = 37$ см.

1 Расчет прочности дорожной одежды и земляного полотна

Определяем средневзвешенный модуль упругости по формуле

$$E_{\text{ср до}} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i}{H_{\text{до}}}$$
$$E_{\text{ср до}} = \frac{3200 \cdot 3 + 2200 \cdot 7 + 250 \cdot 15 + 180 \cdot 20}{3 + 7 + 15 + 20} = 719 \text{ МПа.}$$

Для отношений $E_{\text{общ}}/E_{\text{ср до}} = 170/719 = 0,24$ и $H_{\text{до}}/D = 45/37 = 1,22$

по таблице 1 находим $E_{\text{ср до}}/E_{\text{общ тр}}^{\text{н}} = 16$.

Отсюда $E_{\text{общ тр}} = 719/16 = 45 \text{ МПа}$.

Таким образом, требуемый общий модуль упругости на поверхности насыпи равен 45 МПа.

Таблица 1 – Общий модуль упругости на поверхности насыпи

$E_{\text{ср до}} / E_{\text{общ тр}}^{\text{H}}$	$E_{\text{общ}} / E_{\text{ср до}}$ для значений $H_{\text{до}} / D$															
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
7	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44
8	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42
9	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,40
10	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
11	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,37
12	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36
13	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,26	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35
14	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34
15	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,33
16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29

2 Расчет конечной осадки и толщины насыпного слоя

Расчет осадки $S_{от}$ производим по формуле

$$S_{от} = \sum(\lambda_{iот} h_i).$$

где $\lambda_{iот}$ — относительная деформация i -го отдавливаемого слоя толщиной h_i .

Для определения $\lambda_{iот}$ используем таблицу 2.

Таблица 2– Относительная деформация $\lambda_{от}$

τ , МПа	$\lambda_{от}$	τ , МПа	$\lambda_{от}$	τ , МПа	$\lambda_{от}$
0,001	1,00	0,006	0,55	0,011	0,20
0,002	1,00	0,007	0,45	0,012	0,15
0,003	1,00	0,008	0,37	0,013	0,10
0,004	0,82	0,009	0,30	0,014	0,05
0,005	0,67	0,010	0,25	0,015	0,00

Результаты сведем в следующую таблицу

$h_i, \text{ м}$	$\tau, \text{ МПа}$	$\lambda_{\text{от}}$	$S_{\text{от}} = \lambda_{\text{от}} h_i$
0,6	0,012	0,15	$0,6 \cdot 0,15 = 0,09$
1,2	0,011	0,20	$1,2 \cdot 0,20 = 0,24$
1,8	0,014	0,05	$1,8 \cdot 0,05 = 0,09$
$\sum h_i = H = 3,6 \text{ м}$			$S_{\text{от}} = \sum(\lambda_{\text{от}} h_i) = 0,42 \text{ м}$

Расчет осадки $S_{\text{сж}}$ производим по формуле

$$S_{\text{сж}} = \lambda_{\text{сж}} (H - S_{\text{от}}),$$

где $\lambda_{\text{сж}}$ - относительная деформация сжатия.

Относительную деформацию сжатия определяем по номограмме – рисунок 1. Предварительно определяем параметры K_0 и P_0

$$K_0 = 0,01 \rho_{\text{Н}}^{\text{ВЗВ}} H (1 - \lambda_{\text{от}});$$

$$\lambda_{\text{от}} = S_{\text{от}} / H;$$

$$P_0 = 0,01 [\rho_{\text{Н}} (h + h_{\text{ГВ}}) + \rho_{\text{Н}}^{\text{ВЗВ}} (H \lambda_{\text{от}} - h_{\text{ГВ}})].$$

где $\rho_{\text{H}}^{\text{ВЗВ}}$ – плотность грунта насыпи во взвешенном состоянии;

ρ_{H} – средняя плотность грунта насыпи и материалов дорожной одежды;

h – рабочая отметка насыпи;

$h_{\text{ГВ}}$ – глубина залегания грунтовых вод.

$$\lambda_{\text{от}} = S_{\text{от}}/H = 0,42/3,6 = 0,117 ;$$

$$K_0 = 0,01\rho_{\text{H}}^{\text{ВЗВ}} H(1 - \lambda_{\text{от}}) = 0,01 \cdot 1,1 \cdot 3,6 (1 - 0,117) = 0,035 ;$$

$$\begin{aligned} P_0 &= 0,01[\rho_{\text{H}}(h + h_{\text{ГВ}}) + \rho_{\text{H}}^{\text{ВЗВ}}(H \lambda_{\text{от}} - h_{\text{ГВ}})] = \\ &= 0,01 \cdot [2,1 (2,8 + 0,5) + 1,1 (3,6 \cdot 0,117 - 0,5)] = 0,068 . \end{aligned}$$

$$\lambda_{\text{сж}} = 0,32 .$$

$$S_{\text{сж}} = \lambda_{\text{сж}} (H - S_{\text{от}}) = 0,32 \cdot (3,6 - 0,42) = 1,018.$$

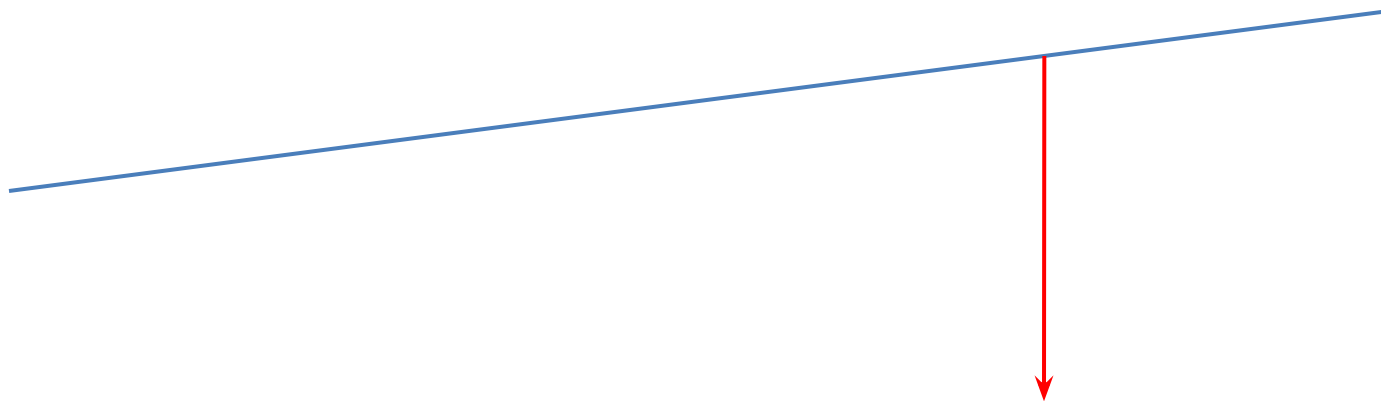


Рисунок 1 – Номограмма для определения осадки торфяных грунтов
(цифры на кривых – коэффициент пористости e)

Фактический модуль упругости на поверхности насыпи (модуль упругости системы насыпь – болотный грунт) определяется по формуле

$$E_{\text{общ}}^{\text{н}} = \frac{E_{\text{н}} E_{\text{т}}}{E_{\text{т}} m + E_{\text{н}} K n \eta} ,$$

где $E_{\text{н}}$ – модуль упругости грунта насыпи, Мпа (см. задание);

$E_{\text{т}}$ – модуль упругости болотного торфа, уплотненного массой насыпи, Мпа (см. рисунок 2);

m – коэффициент, учитывающий относительную толщину насыпного слоя $h_{\text{н}}' / D$ (см. таблицу 2);

K – комплексный коэффициент, учитывающий конечные размеры слоя торфа и распределяющую способность насыпи (см. рисунок 3);

η – коэффициент изменения контактного напряжения в слоях различных жесткостей, зависящий главным образом от отношения жесткостей, выражаемых модулями упругости (см. рисунок 4);

n – коэффициент, принимаемый по таблице 3.

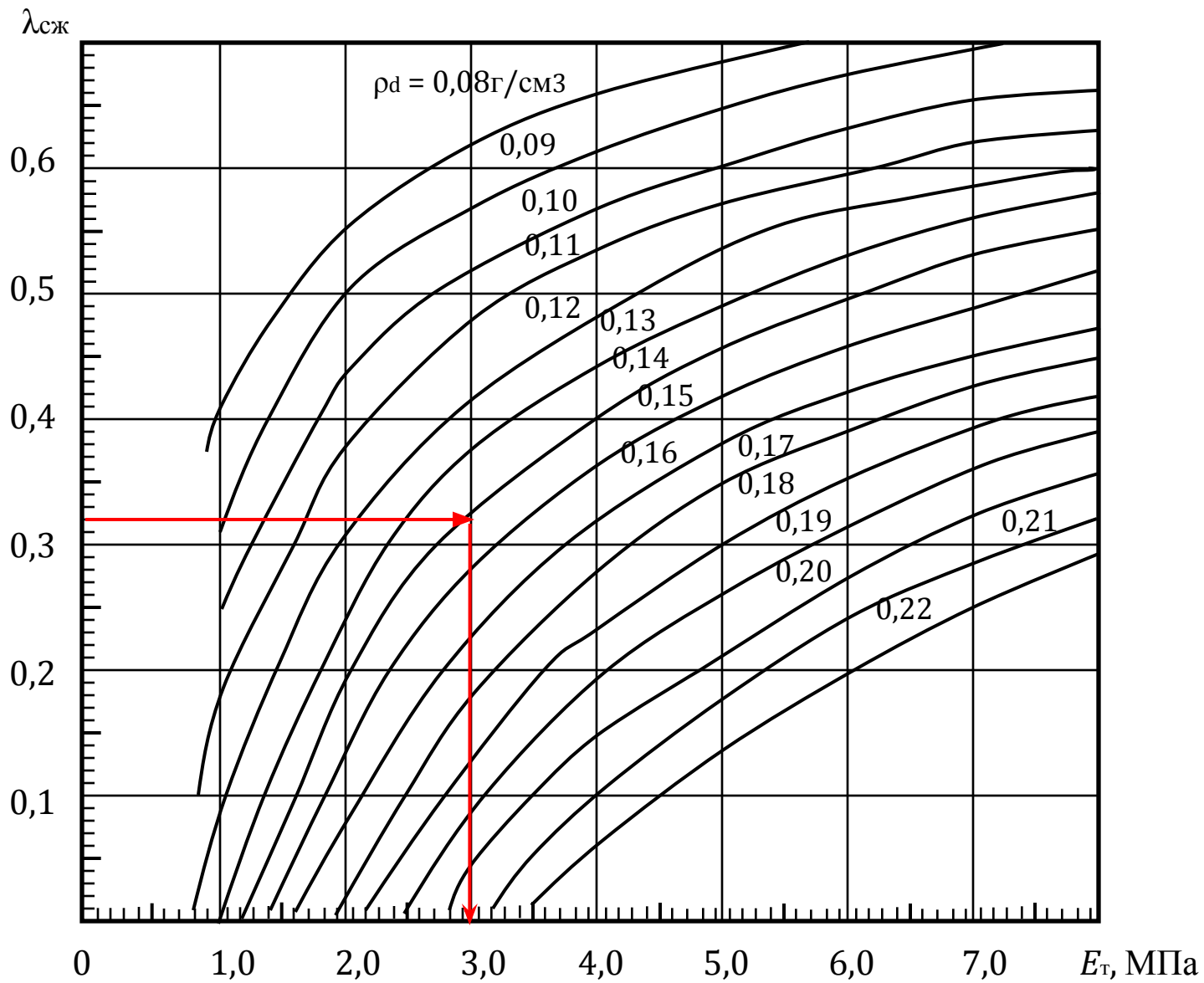


Рисунок 2 – Номограмма для определения модуля упругости торфяного основания

Таблица 2– Коэффициент m

$h'_H / Д$	0,2	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
m	0,198	0,496	0,658	0,761	0,817	0,854	0,876	0,892

$h'_H / Д$	4	5	6	8	10	12	16	20
m	0,907	0,925	0,938	0,953	0,963	0,968	0,977	0,988

$$h'_H = h + S_{\text{общ}} - H_{\text{до}},$$

где h – высота насыпи ($h = 2,8$ м; $S_{\text{общ}}$ – осадка слабого основания;

$H_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{от.}}$$

$$S_{\text{общ}} = 1,018 + 0,42 = 1,44; \quad h'_H = 2,8 + 1,44 - 0,45 = 3,79 \text{ м.}$$

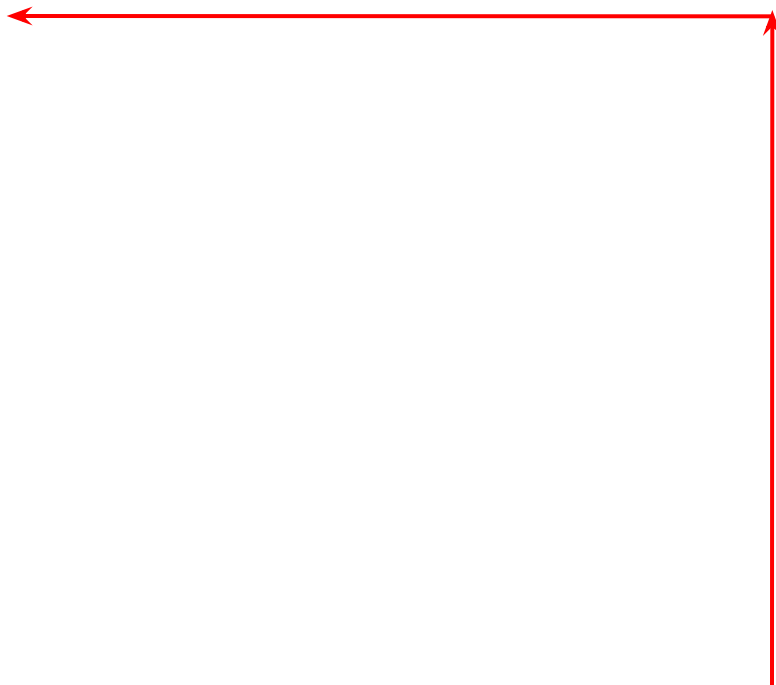


Рисунок 3- График для определения коэффициента K



Рисунок 4- График для определения коэффициента η

Таблица 3– Коэффициент n

$h'_H / Д$	$\leq 2,5$	3,0	3,5	4,0	4,5	$\geq 5,0$
n	5	4	3	2	1,5	1,3

По рисунку 2 в зависимости от $\lambda_{сж} = 0,32$ и $\rho_d = 0,140 \text{ г/см}^3$
 (см. задание) $E_T = 3,0 \text{ МПа}$. По таблице 2 при $h'_H = 3,79 \text{ (4м)}$ $m = 0,907$.

По рисунку 3 при $h'_H = 3,79 \text{ м}$ и $h_T / Д = 3,6 / 0,37 = 9,7$ $K = 0,075$.

По рисунку 4 при $E_H / E_T = 100 / 3 = 33,3$ $\eta = 0,16$.

По таблице 3 при $h'_H / Д = 3,79 / 0,37 = 10,2$ $n = 1,3$.

Вычисляем фактический модуль упругости на поверхности насыпи

$$E_{\text{общ}}^H = \frac{E_H E_T}{E_T m + E_H K n \eta} = \frac{100 \cdot 3}{3 \cdot 0,907 + 100 \cdot 0,075 \cdot 1,3 \cdot 0,16} = 70,1 \text{ МПа.}$$

Полученный модуль упругости на поверхности насыпи

$E^H_{\text{общ}} = 70,1$ Мпа больше требуемого $E^H_{\text{общ тр}} = 45$ Мпа, следовательно принятая толщина насыпи обеспечит прочность дорожной одежды.

3 Динамический расчет земляного полотна

Динамический расчет сводится к соблюдению следующего условия:

$$a_{\text{факт}} \leq a_{\text{доп}},$$

где $a_{\text{факт}}$ — ускорение колебаний проектируемой насыпи на торфе;

$a_{\text{доп}}$ – предельно допустимое ускорение колебаний насыпи на

торфе, определяемое в зависимости от типа проектируемого

покрытия и частоты колебаний насыпи (см. рисунок 5).

Ускорение колебаний проектируемой насыпи на торфе определяется

по формуле

$$a_{\text{факт}} = A\omega^2,$$

где A – амплитуда колебаний насыпи;

ω – круговая частота собственных колебаний насыпи.

Амплитуда колебаний насыпи на торфе определяется по формуле

$$A = l(K_{\text{дин}} - 1),$$

где l – упругий прогиб торфяного основания, вызываемый статической нагрузкой от колеса расчетного автомобиля;

$K_{\text{дин}}$ – динамический коэффициент, характеризующий увеличение прогиба за счет эффекта подвижной нагрузки.

При определении частоты собственных колебаний насыпи рассматриваются два расчетных случая:

1-й — $h_n/h_T \geq 0,5$;

2-й — $h_n/h_T < 0,5$.

Для первого расчетного случая частота собственных колебаний насыпи определяется по формуле

$$\omega = \sqrt{E_{\text{пр}} g / P_{\text{расч}} h_n \eta \alpha_0} ;$$

для второго

$$\omega = 1/h_T \sqrt{[E_{\text{пр}} g / \rho_T (1 + K_2/3K_1)] (K_2/K_1)} ,$$

где $E_{\text{пр}}$ – приведенный модуль упругости торфа, учитывающий отсутствие боковых перемещений колеблющейся призмы торфяного основания;

g – ускорение свободного падения;

η – коэффициент, определяемый по графику (см. п.2);

$R_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка на основание, кг/см²;

α_0 – коэффициент Горбунова_Посадова, определяемый в зависимости от отношения $2h_T/D$ по таблице 4;

K_1, K_2 – коэффициенты, определяемые по формулам, приведенным ниже.

Приведенный модуль упругости определяется по формуле

$$E_{\text{пр}} = E_T(1 - \mu)^2 / (1 - 2\mu),$$

где μ – среднее значение коэффициента Пуассона для торфа, принимается $\mu = 0,35$.

Расчетная нагрузка определяется по формуле

$$P_{\text{расч}} = K_0 \lambda_{\text{сж}} + P_0,$$

где P_0 и K_0 – параметры нагрузки, см. п.2;

$\lambda_{\text{сж}}$ – относительная осадка сжатия основания,

$$\lambda_{\text{сж}} = S_{\text{сж}} / (H - S_{\text{от}}).$$

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются по формулам:

$$K_1 = h_{\text{н}} / H_{\text{т}}; \quad K_2 = \rho_{\text{т}} / \rho_{\text{н}},$$

где $h_{\text{н}}$ – общая толщина насыпного слоя, см;

$\rho_{\text{т}}$ и $\rho_{\text{н}}$ – соответственно средняя плотность торфа и грунта насыпи, г/см³.

$$h_{\text{н}} = h + S_{\text{общ}},$$

где h – рабочая отметка насыпи.

Упругий прогиб торфяного основания определяется по формуле

$$l = (pD/E_T)K\eta n,$$

где p и D – параметры расчетной нагрузки;

K , η и n – см. пункт 2.

Производим расчет:

-определяем расчетный случай

$$h_n = h + S_{\text{общ}} = 2,8 + 3,79 = 6,59 \text{ м}; h_T = 3,6 \text{ м};$$

$$6,59/3,6 = 1,83.$$

Так как отношение больше 0,5, то рассматриваем первый расчетный случай.

Определяем приведенный модуль упругости торфа

$$E_{\text{пр}} = E_T(1 - \mu)^2/(1 - 2\mu) = 3 \cdot (1 - 0,35)^2/(1 - 2 \cdot 0,35) = 4,2 \text{ Мпа.}$$

Определяем относительную осадку сжатия

$$\lambda_{\text{сж}} = S_{\text{сж}} / (H - S_{\text{от}}) = 1,018 / (3,6 - 0,42) = 0,32.$$

Определяем расчетную нагрузку

$$P_{\text{расч}} = K_0 \lambda_{\text{сж}} + P_0 = 0,035 \cdot 0,32 + 0,068 = 0,079 \text{ кг/см}^2.$$

По таблице 4 определяем коэффициент Горбунова-Посадова α_0 ,
предварительно определив отношение $2H/D = 2 \cdot 3,6 / 0,37 = 19,5$.

Таблица 4 – Коэффициент α_0

2H/D	α_0	2H/D	α_0	2H/D	α_0	2H/D	α_0
0,00	0,00	1,0	0,50	3	0,81	10	0,94
0,25	0,13	1,5	0,64	4	0,86	20	0,97
0,50	0,26	2,0	0,73	5	0,89	50	0,99
0,75	0,39	2,5	0,78	7	0,92	∞	1,00

$$\alpha_0 = 0,97.$$

Определяем частоту собственных колебаний насыпи

$$\omega = \sqrt{E_{\text{пр}} g / P_{\text{расч}} h_n \eta \alpha_0} = \sqrt{4,2 \cdot 981 / 0,079 \cdot 659 \cdot 0,16 \cdot 0,97} = 22,6 \text{ сек}^{-1}$$

(коэффициент η – см. п. 2).

Вычисляем упругий прогиб по формуле

$$l = (pD/E_T) K \eta n = (0,6 \cdot 37/3) \cdot 0,075 \cdot 1,3 \cdot 0,16 = 0,115 \text{ см} = 1,15 \text{ мм.}$$

Коэффициенты K, η, n – см. п.2.

Определяем амплитуду колебаний насыпи A . Динамический коэффициент

$K_{\text{дин}}$ определяем по графику – рисунок 5 в зависимости от коэффициента

демпфирования ψ , который равен $8,6/\omega$ для первого расчетного случая и

$0,33/E_T$ – для второго. Так как у нас первый расчетный случай, то

$$\Psi = 8,6/22,6 = 0,38.$$

Рисунок 5 – График для определения динамического коэффициента
 $K_{\text{дин}} = 1,01.$

$$A = l(K_{\text{дин}} - 1) = 1,15 \cdot (1,01 - 1) = 0,0115 \text{ мм.}$$

Определяем ускорение проектируемой насыпи

$$a_{\text{факт}} = A\omega^2 = 0,0115 \cdot 22,6^2 = 5,87 \text{ мм/с}^2.$$

Предельно допустимое ускорение колебаний насыпи на торфе определяем по графику – рисунок 6.

$$a_{\text{доп}} = 26 \text{ мм/с}^2.$$

Так как $a_{\text{факт}} = 5,87 \text{ мм/с}^2 < a_{\text{доп}} = 26 \text{ мм/с}^2$, то толщина насыпи по условиям динамики достаточна.

Рисунок 6- Предельно допустимые ускорения колебания земляного полотна:
I – усовершенствованных капитальных покрытий; II – облегченных; III - переходных