

Содержание

1. Расчет осадки земляного полотна	1
2. Статический расчет прочности дорожной одежды и земляного полотна	4
3. Динамический расчет земляного полотна.....	8
4. Расчет устойчивости слабого основания дорожной насыпи.....	12
5. Прогноз осадки во времени	13
6. Расчет временной пригрузки	17
7. Ускорение осадки путем частичного выторфовывания и путем устройства вертикальных дрен и дренажных прорезей	21

1. Расчет осадки земляного полотна

Величину погружения насыпи в болотную залежь (осадку насыпи) определяют по формуле

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{сж}} + S_{\text{от}}, \quad (1.1)$$

где $S_{\text{общ}}$ — общая осадка насыпи;

$S_{\text{сж}}$ — осадка сжимающихся (уплотняющихся) слоев болотной залежи;

$S_{\text{от}}$ — осадка отдавляемых слоев болотной залежи.

Осадку $S_{\text{от}}$ вычисляют по формуле

$$S_{\text{от}} = \sum_1^n \lambda_{i \text{от}} \cdot h_i = \sum_1^n S_{i \text{от}}, \quad (1.2)$$

где $S_{i \text{от}}$ — осадка i -го отдавляемого слоя;

$\lambda_{i \text{от}}$ — относительная деформация i -го отдавляемого слоя толщиной h_i ;

n — количество расчетных слоев болотной залежи.

Относительную деформацию $\lambda_{\text{от}}$ определяют по таблице 1.1 в зависимости от значений сопротивления сдвигу τ по крыльчатке расчетного слоя в природном залегании.

Таблица 1.1 — 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

Осадку $S_{\text{сж}}$ определяют по формуле

$$S_{\text{сж}} = \sum_1^n \lambda_{i \text{сж}} (h_i - S_{i \text{от}}), \quad (1.3)$$

где $\lambda_{i \text{сж}}$ — относительная вертикальная деформация расчетного слоя, полученная по данным испытаний в компрессионном приборе для нагрузки, действующей на этот слой.

Параметры сжимаемости $\lambda_{i \text{сж}}$ определяют по результатам компрессионных испытаний и расчет осадки ведут графоаналитическим методом. При отсутствии данных компрессионных испытаний допускается пользоваться номограммой (рисунок 1.1), построенной на основе обобщения результатов обработки многочисленных компрессионных кривых. В качестве характеристики сжимаемости болотной залежи принят коэффициент пористости e_0 .

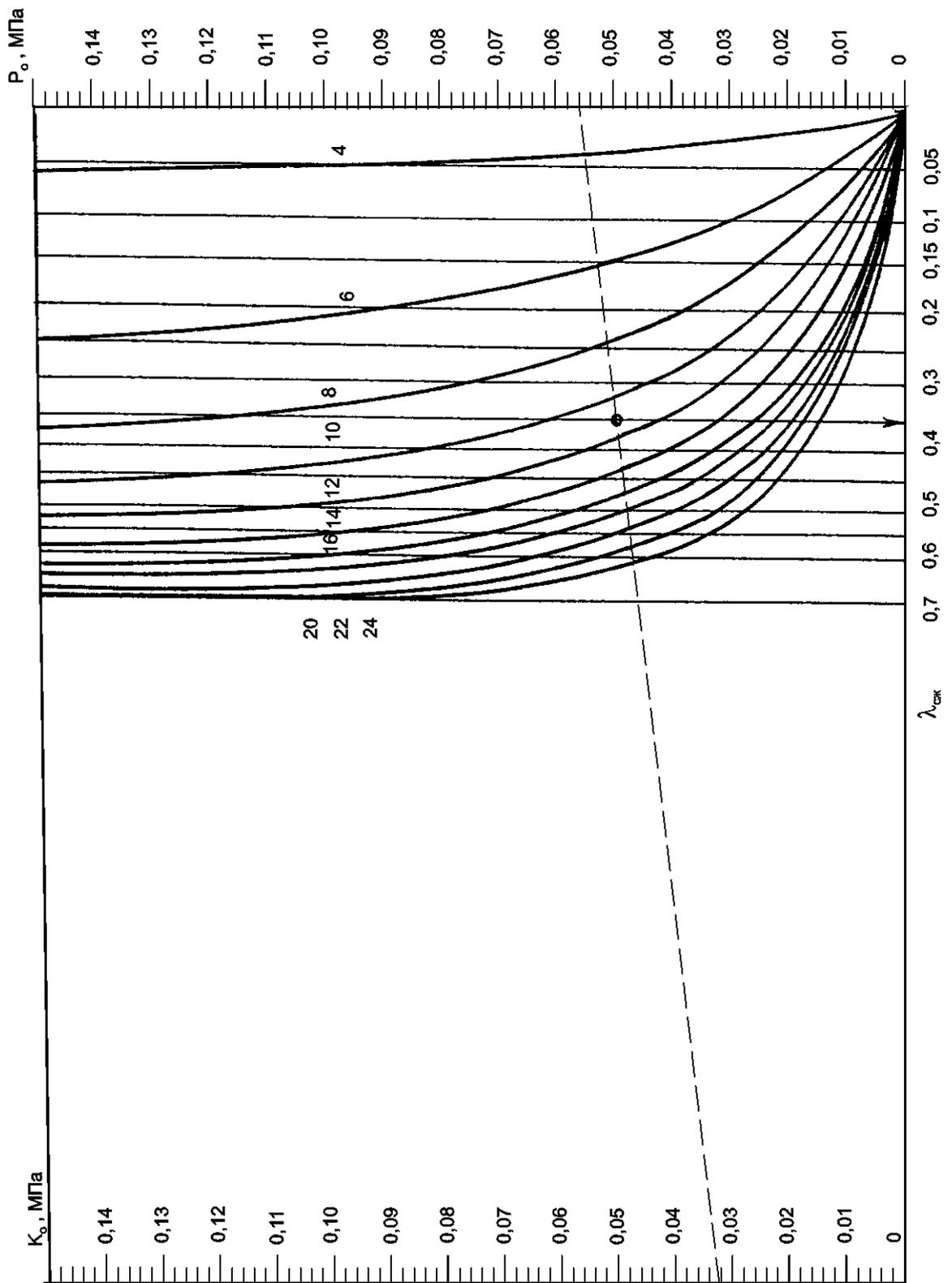


Рисунок 1.1 — Номограмма для определения осадки торфяных грунтов (цифры на кривых — коэффициент пористости e)

Номограмма связывает четыре параметра: K_0 , P_0 , $\lambda_{сж}$ и e (e — средневзвешенное значение коэффициента пористости для болотной залежи) и позволяет путем одного наложения линейки, соединяющей две точки на шкалах K_0 и P_0 в точке пересечения линии с заданным (e_0), найти искомое значение $\lambda_{сж}$.

При расчете осадки слабое основание разбивают на расчетные слои в соответствии с геологическим строением, прочностными и деформативными свойствами слабых грунтов и значением действующих вертикальных напряжений по глубине.

Расчетную нагрузку $P_{расч}$, действующую на болотную залежь от массы возводимой насыпи, определяют с учетом положения уровня грунтовых вод

$$P_{расч} = K_0 \lambda_{сж} + P_0, \quad (1.4)$$

где $\lambda_{сж}$ — относительная осадка сжатия основания,

$$\lambda_{сж} = \frac{S_{сж}}{H - S_{от}}. \quad (1.5)$$

Параметры нагрузки K_0 и P_0 определяют по следующим формулам:

$$K_0 = \rho_H^{взв} H (1 - \lambda_{от}); \quad (1.6)$$

$$P_0 = \rho_H (h + h_{гв}) + \rho_H^{взв} (H \lambda_{от} - h_{гв}), \quad (1.7)$$

где ρ_H и $\rho_H^{взв}$ — соответственно, плотности грунта насыпи, расположенного выше и ниже уровня грунтовых вод;

h — проектная высота насыпи (рабочая отметка);

$h_{гв}$ — расстояние от поверхности болота до горизонта грунтовых вод (см. рис. 1.2);

$$\lambda_{от} = S_{от} / H;$$

H — глубина болота.

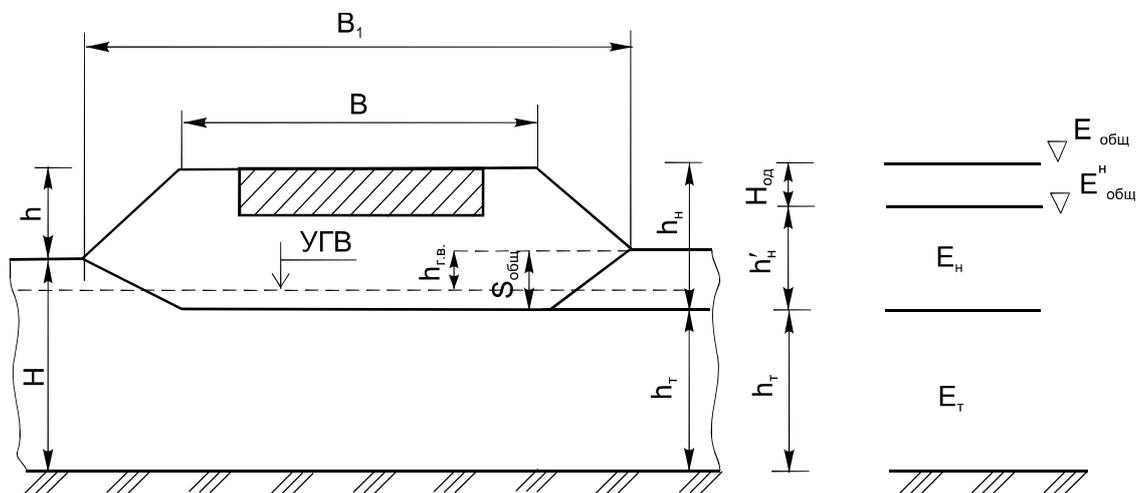


Рисунок 1.2 — Расчётная схема

2. Статический расчет прочности дорожной одежды и земляного полотна

Расчет прочности дорожной одежды производят согласно ТКП 45-3.03-112 из условия, что упругий вертикальный прогиб на поверхности покрытия не превышает предельно допустимых значений.

Требуемое значение модуля упругости на поверхности насыпи $E_{\text{общ тр}}^H$ (рис. 2.1) определяют по таблице 2.1 на основе известных отношений $H_{\text{од}}/D$ и $E_{\text{общ}}/E_{\text{ср од}}$,

где $E_{\text{общ}}$ — общий требуемый модуль упругости на поверхности покрытия, МПа;

$E_{\text{ср од}}$ — средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды, МПа;

$$E_{\text{ср од}} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \dots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} = \frac{\sum_i E_i h_i}{H_{\text{од}}}, \quad (2.1)$$

где $H_{\text{од}}$ — толщина дорожной одежды, см;

D — диаметр отпечатка колеса расчетного автомобиля, см;

h_1, h_2, \dots, h_n — толщина конструктивных слоев дорожной одежды, см;

E_1, E_2, \dots, E_n — модули упругости конструктивных слоев дорожной одежды,

МПа.

Таблица 2.1 — Общий модуль упругости на поверхности насыпи

$\frac{E_{\text{ср од}}}{E_{\text{общ тр}}^H}$	$E_{\text{общ}}/E_{\text{ср од}}$ для значений $H_{\text{од}}/D$															
	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	0,33	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	0,35	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
20	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

Проектируемая насыпь на основании из болотного грунта должна иметь достаточную толщину, чтобы обеспечить заданную прочность дорожной одежды. Соблюдение этого требования возможно, если фактический модуль упругости системы насыпь — болотный грунт равен требуемому модулю упругости ($E_{\text{общ тр}}^H$), полученному по результатам расчета дорожной одежды.

Фактический модуль упругости на поверхности насыпи (модуль упругости системы насыпь — болотный грунт) определяют по формуле

$$E_{\text{общ}}^H = \frac{E_n \cdot E_T}{E_T \cdot m + E_n \cdot K \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.2)$$

где E_n — модуль упругости грунта насыпи, принимаемый по данным таблицы 2.2 или на основе результатов испытаний, МПа;

E_T — модуль упругости болотного грунта, уплотненного массой насыпи, который определяют по данным компрессионных или штамповых испытаний, МПа.

Для торфяных грунтов E_T допускается определять по экспериментальной зависимости $E_T = f(\rho_d; \lambda_{сж})$, приведенной на рисунке 2.1 (ρ_d — плотность сухого торфа в природном залегании, $г/см^3$; $\lambda_{сж}$ — относительная деформация сжатия торфа, уплотненного массой насыпи);

m — коэффициент, учитывающий относительную толщину насыпного слоя h'_n/D (таблица 2.3).

Таблица 2.2 — Модуль упругости песчаных грунтов

Вид грунта	Модуль упругости, МПа (кгс/см ²)
Пески крупные и гравелистые	130 (1300)
Пески средней крупности	120 (1200)
Пески мелкие	100 (1000)

Таблица 2.3 — Коэффициент m

h'_n/D	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'_n/D	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

Здесь h'_n — толщина насыпного слоя, исчисляемая от низа дорожной одежды до подошвы насыпи (см. рисунок 1.2)

$$h'_n = h + S_{общ} - H_{од} \quad (2.3)$$

где D — диаметр круга, равновеликого по площади отпечатку колеса расчетного автомобиля;

h — высота насыпи;

$S_{общ}$ — осадка слабого основания;

$H_{од}$ — толщина дорожной одежды;

K — комплексный коэффициент, учитывающий конечные размеры слоя торфа и распределяющую способность насыпи.

Коэффициент K определяют по графику (рисунок 2.2а) в зависимости от отношений h'_n/D и h_T/D ($h_T = H - S_{общ}$, где H — глубина болота);

η — коэффициент изменения контактного напряжения в слоях различных жесткостей, зависящий главным образом от отношения жесткостей, выражаемых модулями упругости.

Численные значения коэффициента η как функции отношения E_n/E_T для $h'_n \geq 2D$ определяют по графику (рисунок 2.2 б);

n — коэффициент, значения которого принимают по таблице 2.4.

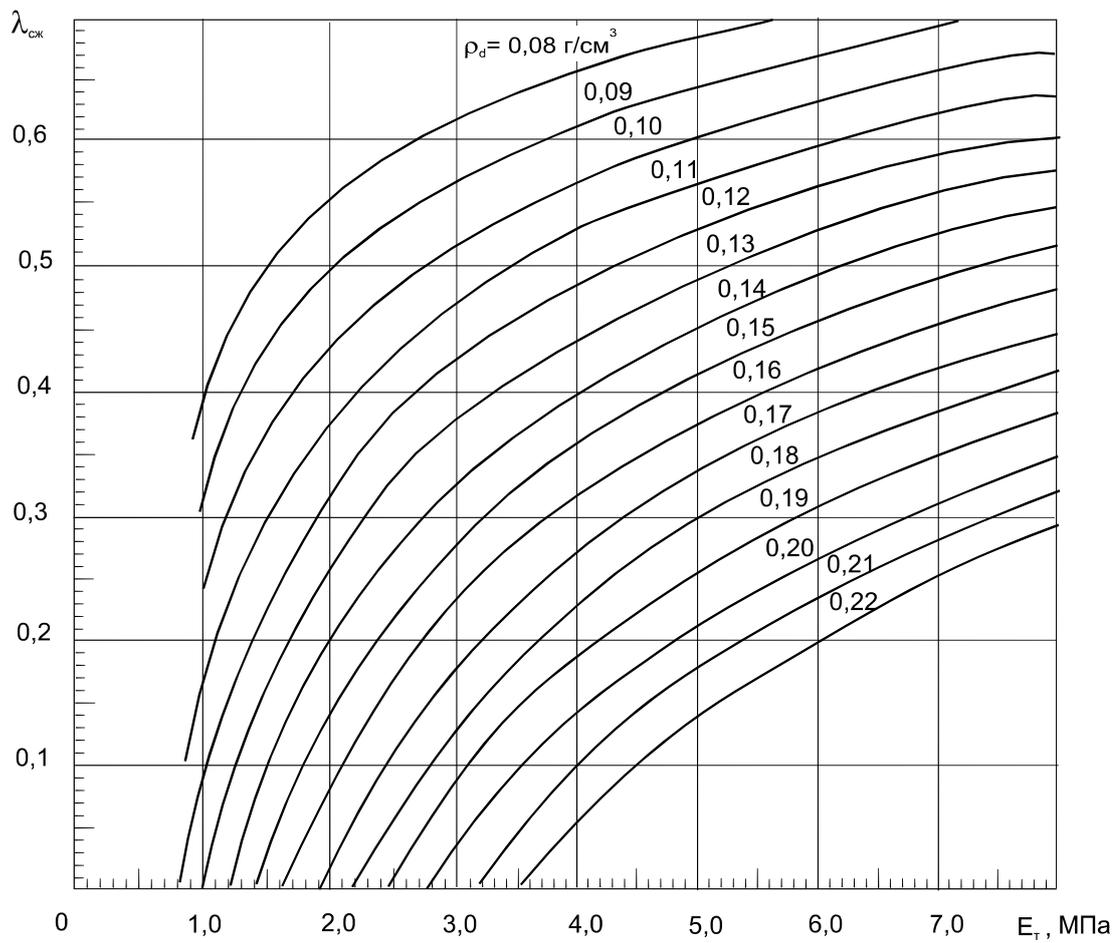


Рисунок 2.1 — Номограмма для определения модуля упругости торфяного основания

Таблица 2.4 — Коэффициент n

h'_h/D	$\leq 2,5$	3,0	3,5	4,0	4,5	$\geq 5,0$
n	5	4	3	2	1,5	1,3

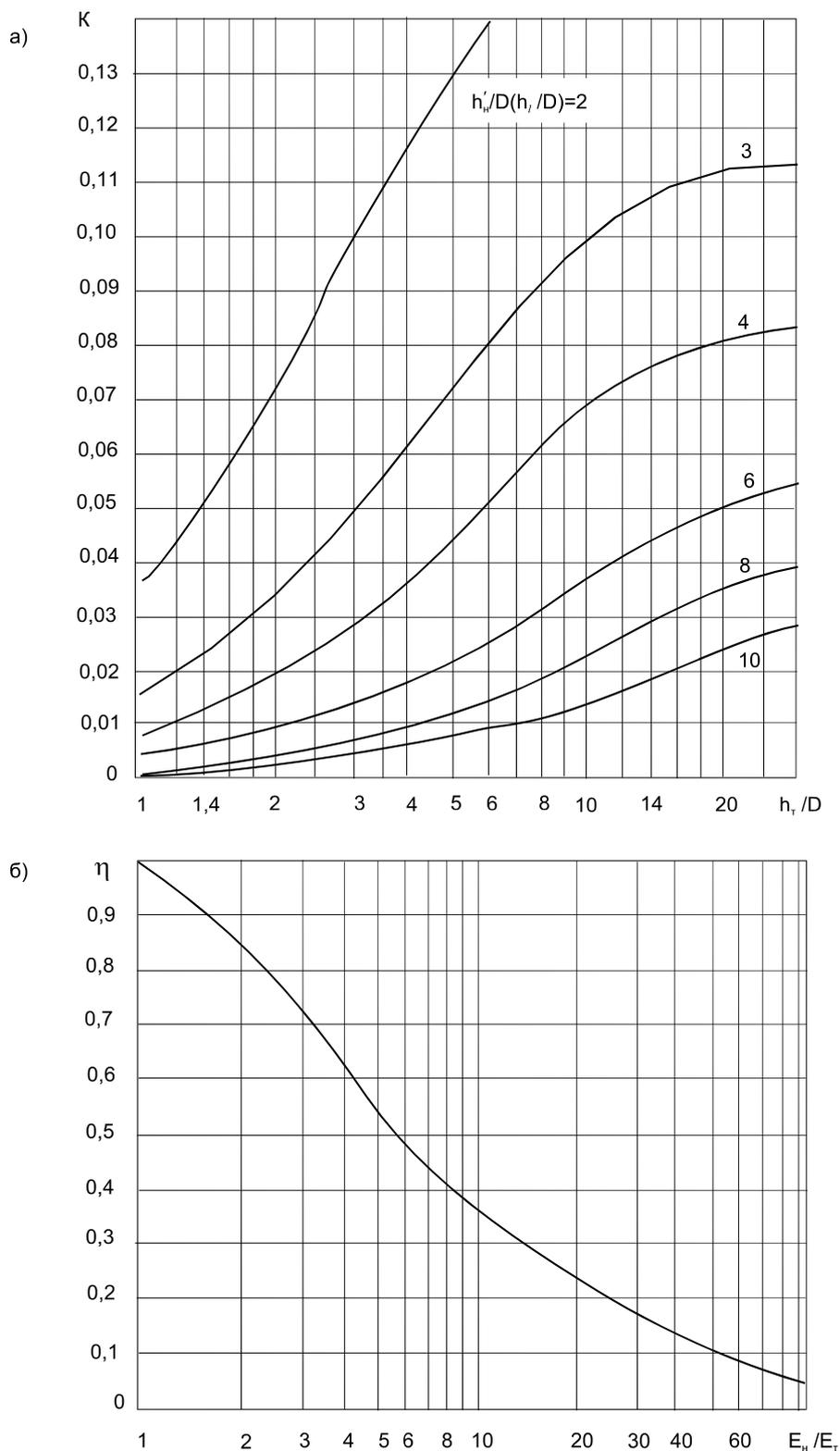


Рисунок 2.2 — Графики для определения коэффициентов K и η

Далее производят расчет осадки основания насыпи $S_{сж}$ и $\lambda_{сж}$ и определяют модуль упругости E_T торфяного основания (см. рисунок 2.1), уплотненной массой насыпи расчетной толщины $h_n = h + S_{общ}$. Затем сравнивают значение $E_{общ}^H$, рассчитанное по формуле (2.2), с $E_{общ\ треб}^H$, требуемым по условиям прочности и жесткости дорожной одежды. Если $E_{общ}^H$ меньше $E_{общ\ треб}^H$, необходимо увеличить толщину насыпного слоя и повторить расчет.

Расчет толщины насыпи считается законченным, если выполнено условие $E_{общ}^H \geq E_{общ\ треб}^H$ с точностью до 5 %.

3. Динамический расчет земляного полотна

Динамический расчет сводится к соблюдению следующего условия:

$$a_{\text{факт}} \leq a_{\text{доп}}, \quad (3.1)$$

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 (рисунок 3.1).

Ускорение колебаний проектируемой насыпи на торфе определяется по формуле

$$a_{\text{факт}} = A \cdot \omega^2, \quad (3.2)$$

где A — амплитуда колебаний насыпи;

ω — круговая частота собственных колебаний насыпи.

Амплитуду колебаний насыпи на торфе определяют по формуле

$$A = l(K_{\text{дин}} - 1), \quad (3.3)$$

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

$K_{\text{дин}}$ — динамический коэффициент, характеризующий увеличение прогиба за счёт эффекта подвижности нагрузки.

Динамический расчет необходимо производить в следующей последовательности:

- а) определить частоту собственных колебаний насыпи на торфяном основании;
- б) определить амплитуду колебаний насыпи;
- в) вычислить ускорение колебаний проектируемой насыпи;
- г) определить предельно допустимые ускорения колебаний;
- д) проверить допустимость ускорений колебаний проектируемой насыпи;
- е) наметить мероприятия по уменьшению ускорений колебаний, если они превышают предельно допустимые значения.

При определении частоты собственных колебаний насыпи в зависимости от отношения ее толщины к толщине оставляемого слоя торфа следует рассматривать два расчетных случая:

1-й $h_n : h_T \geq 0,5;$

2-й $h_n : h_T < 0,5.$

Частоту собственных колебаний насыпей на торфяном основании определяют по формулам:

- а) для 1-го расчетного случая

$$\omega = \sqrt{\frac{E_{\text{пр}} \cdot g}{P_{\text{расч}} \cdot h_n \cdot \eta \cdot \alpha_0}}; \quad (3.4)$$

б) для 2-го расчетного случая

$$\omega = \frac{1}{h_T} \sqrt{\frac{E_{пр} \cdot g}{\rho_T \left(1 + \frac{K_2}{3K_1}\right)}} \cdot \frac{K_2}{K_1} \quad (3.5)$$

В формулах (3.4) и (3.5): $E_{пр}$ — приведенный модуль упругости торфа, учитывающий отсутствие боковых перемещений колеблющейся призмы торфяного основания:

$$E_{пр} = E_T \frac{(1-\mu)^2}{1-2\mu} \quad (3.6)$$

μ — среднее значение коэффициента Пуассона для торфа. При отсутствии данных испытаний допускается принимать $\mu = 0,35$. В этом случае $E_{пр} = 1,141 E_T$;

g — ускорение свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

$$K_1 = h_H / h_T \quad (3.7)$$

$$K_2 = \rho_T / \rho_H \quad (3.8)$$

здесь h_H — общая толщина насыпного слоя, см;

h_T — толщина слоя торфа под насыпью, см;

ρ_T и ρ_H — соответственно средняя плотность торфа и грунта насыпи, г/см^3 ;

η — коэффициент, определяемый по графику (см. рисунок 2.2 б);

$P_{расч}$ — расчетная нагрузка на основание, кг/см^2 (см. ниже);

α_0 — коэффициент М.И. Горбунова-Посадова, определяемый в зависимости от отношения $2h_T/D$ по таблице 3.1.

Таблица 3.1 — 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

Общая толщина насыпного слоя (см. рисунок 1.2)

$$h_H = h + S_{общ} = H_{од} + h'_T \quad (3.9)$$

Упругий прогиб торфяного основания вычисляются по формуле

$$l = \frac{\rho D}{E_T} \cdot K \eta \eta \quad (3.10)$$

где ρ и D — параметры расчетной нагрузки.

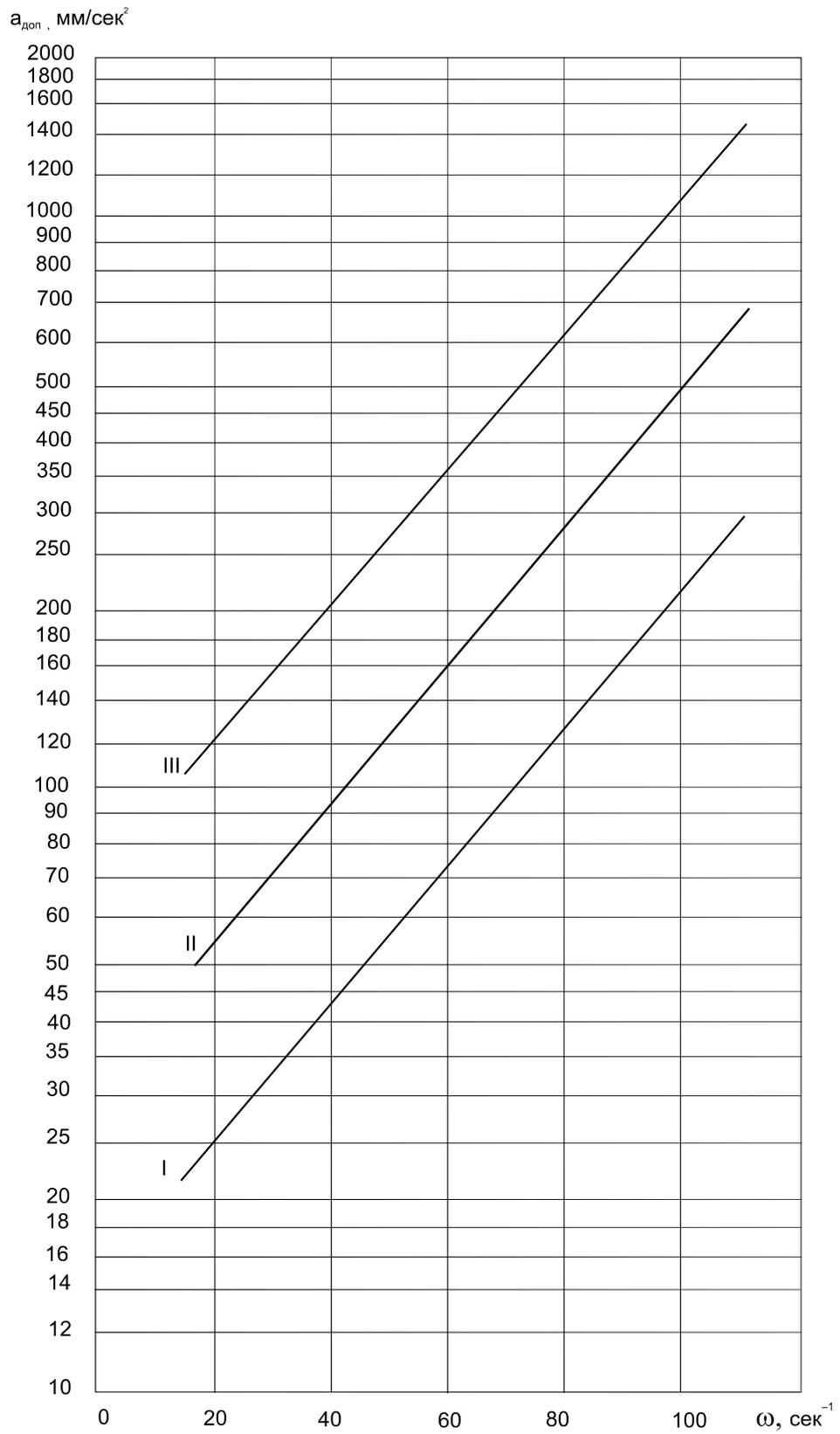


Рисунок 3.1 — Предельно допустимые ускорения колебаний земляного полотна для:
I — усовершенствованных капитальных покрытий;
II — усовершенствованных облегчённых покрытий;
III — переходных покрытий

Динамический коэффициент ($K_{\text{дин}}$), равный отношению максимального динамического прогиба торфяного основания, вызываемого движущимся автомобилем, к величине статического прогиба, определяют по графику (рисунок 3.2) в зависимости от коэффициента демпфирования (Ψ). Для 1-го расчетного случая он равен $8,6/\omega$; для 2-го — $0,33/E_T$ (E_T в МПа).

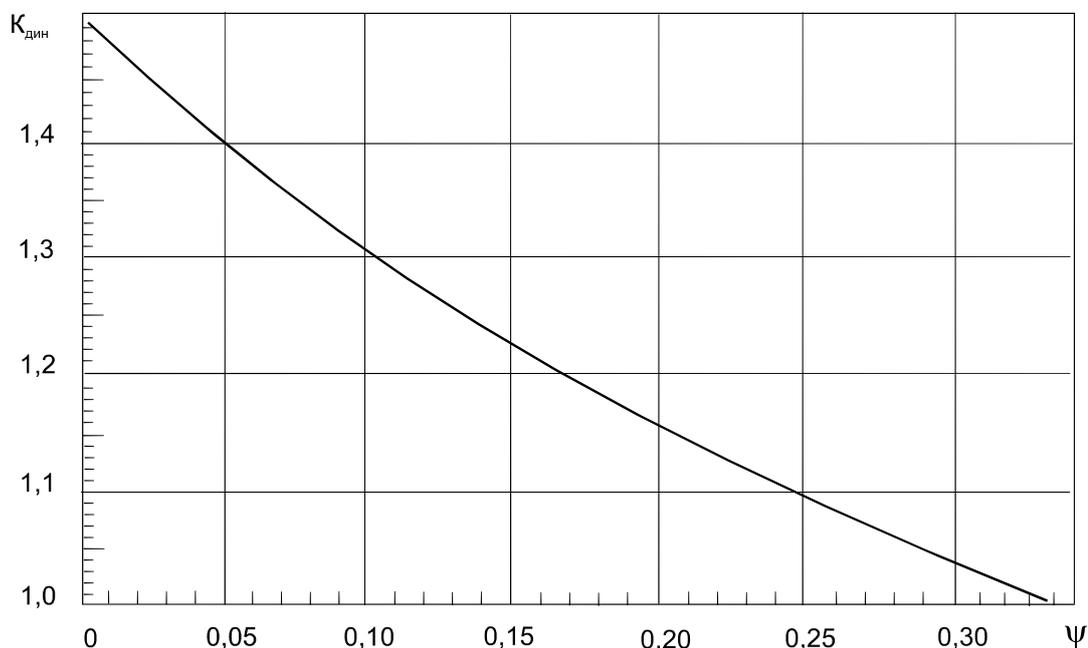


Рисунок 3.2 — График для определения динамического коэффициента

Мероприятия по снижению ускорений колебаний земляного полотна

В случаях, когда не выполняется требование формулы (3.1), обеспечивающее допустимые колебания насыпи на торфе, находящейся под действием динамической нагрузки, необходимо наметить мероприятия по снижению колебаний.

Основным и наиболее простым способом снижения ускорений колебаний земляного полотна на торфяном основании является увеличение толщины насыпного слоя, что обеспечивает уменьшение частот и амплитуд колебаний и, в конечном счете, снижает ускорение колебаний.

Если по условиям продольного профиля поднятие насыпи нежелательно, то для увеличения толщины насыпного слоя можно пользоваться методами перегрузки или частичного выторфовывания.

4. Расчет устойчивости слабого основания дорожной насыпи

Степень устойчивости основания при воздействии на него нагрузки от массы сооружаемого земляного полотна оценивают по значению коэффициента безопасности наиболее слабого слоя. Коэффициент безопасности ($K_{без}^{нач}$) определяют как отношение безопасной нагрузки ($P_{без}$) к расчетной ($P_{расч}$).

Значение безопасной нагрузки, которую можно приложить к слабому основанию, находящемуся в природном (неконсолидированном) состоянии, при быстрой отсыпке насыпи определяют по формуле

$$P_{без}^{нач} = N \cdot \tau, \quad (4.1)$$

где N — коэффициент, зависящий от ширины насыпи по подошве и относительной глубины расположения слабого слоя, значения которого следует принимать по таблице 4.1;

τ — сопротивление сдвигу слабого грунта в природном залегании по данным испытаний крыльчаткой.

Таблица 4.1 — Коэффициент N

Относительная глубина расположения расчетного слоя с минимальным сопротивлением сдвигу (в долях от ширины насыпи по подошве)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
N	5,25	3,84	3,51	3,34	3,23

Расчетную нагрузку $P_{расч}$ определяют по методике, приведенной в пункте 1.

В зависимости от значений ($K_{без}^{нач}$) определяют тип основания по устойчивости:

- $K_{без}^{нач} \geq 1$ — основание I типа;
- $1 > K_{без}^{нач} \geq 0,7$ — основание II типа;
- $0,7 > K_{без}^{нач} \geq 0,2$ — основание III А типа;
- $K_{без}^{нач} < 0,2$ — основание III Б типа.

Расчет безопасной нагрузки предварительно консолидированных оснований осуществляют по формуле

$$P_{без}^{кон} = \frac{N \cdot \tau}{(1 - U_0 \cdot \lambda_{сж})^3}, \quad (4.2)$$

где $\lambda_{сж}$ — относительная конечная осадка сжатия основания при предварительном уплотнении (см. пункт 1);

U_0 — степень консолидации при предварительном уплотнении (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.2 — Степень консолидации (U_0)

$\lambda_{сж}$	Менее 0,05	От 0,05 до 0,15	От 0,15 до 0,30	От 0,30 до 0,40	Св. 0,40
U_0	0,25	0,33	0,5	0,6	0,65

5. Прогноз осадки во времени

Продолжительность осадки t для достижения требуемой степени консолидации U слабого основания определяют по номограмме (рисунок 5.1) в зависимости от режима возведения насыпи, характеризуемого величиной нагрузки (P_1), допускаемой по условиям устойчивости основания, и длительностью строительного периода (t_0), в течение которого нагрузка на основание возрастает от P_1 до $P_{расч}$.

Номограмма связывает четыре комплексных параметра:

$$\frac{t_0}{T}, \frac{t}{T}, \frac{\lambda_1/\lambda}{1-\lambda_1/\lambda} \text{ и } \frac{U}{1-\lambda_1/\lambda},$$

где t_0 — продолжительность строительного периода;

t — время, необходимое для достижения требуемой степени консолидации (U) слабой толщи;

λ_1 — конечная относительная деформация сжатия (уплотнения) основания для нагрузки P_1 ;

λ — конечная относительная деформация сжатия (уплотнения) основания для нагрузки $P_{расч}$;

T — консолидационный параметр, имеющий размерность времени, характеризует интенсивность затухания осадки.

По любым трем известным параметрам, обозначенным на шкалах номограммы, с помощью одного наложения линейки определяют искомый четвертый параметр.

Консолидационный параметр T определяют по следующим зависимостям:

а) для оснований I типа по устойчивости

$$T = \frac{2,5 \cdot 10^{-5} S_{сж}}{(\lambda_{сж} P)^2}; \quad (5.1)$$

б) для оснований II и III типа по устойчивости

$$T = \frac{4 \cdot 10^{-2} S_{сж}}{\sqrt{\lambda_{сж} P}}, \quad (5.2)$$

где T — консолидационный параметр, сут;

P — нагрузка от массы насыпи, действующая на основание ($P_{расч}$), МПа;

$\lambda_{сж}$ — относительная деформация сжатия слабого основания от действия нагрузки P ;

$S_{сж}$ — осадка сжимающихся слоев слабого основания, см.

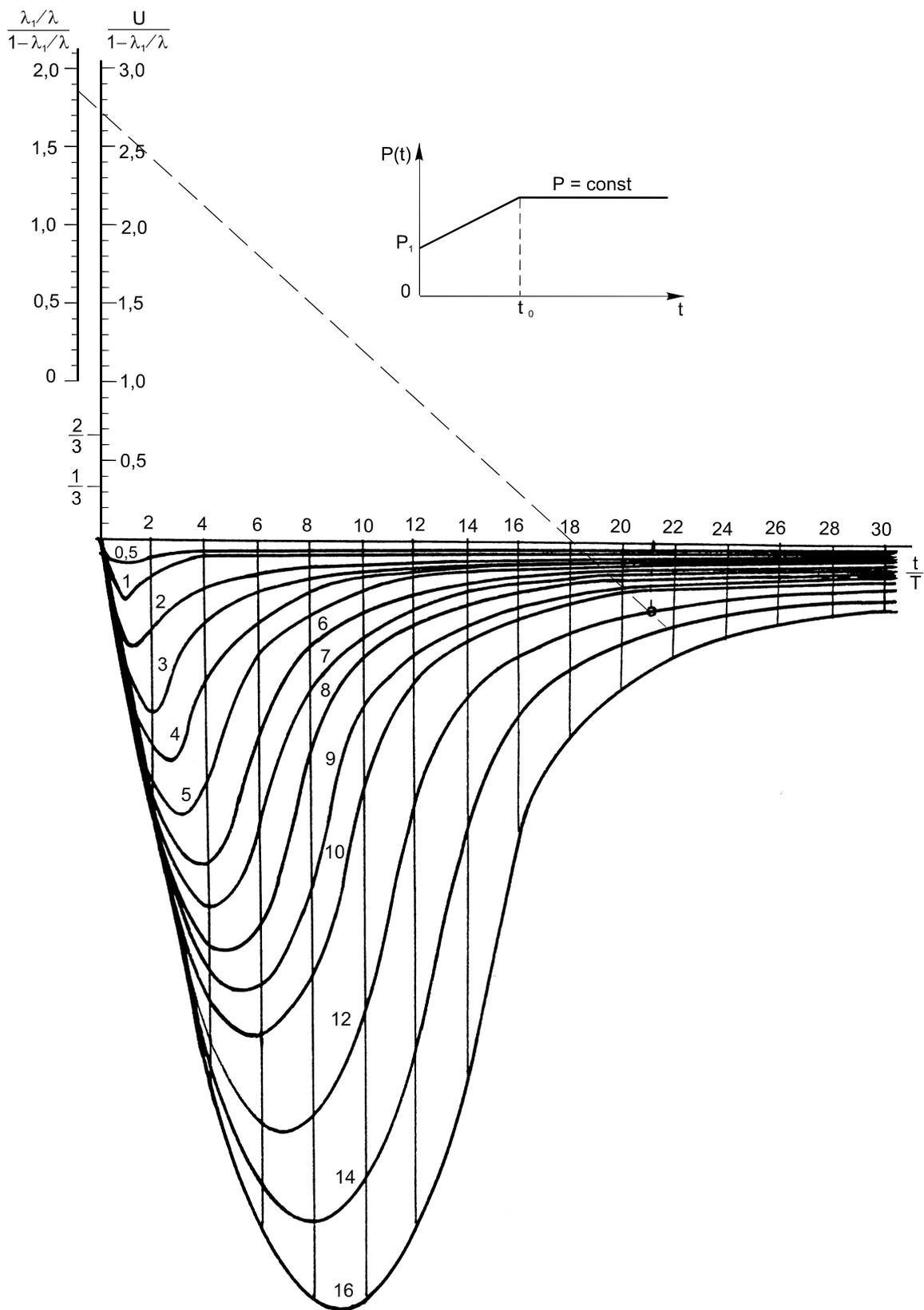


Рисунок 5.1 — Номограмма для расчёта продолжительности осадки
(цифры на кривых – отношение t_0/T)

Установление сроков устройства дорожной одежды

Сроки устройства дорожной одежды определяют расчетом в зависимости от требуемой степени консолидации (U) основания и уточняют в период строительства по данным результатов наблюдений за осадками основания. Требуемая степень консолидации основания перед устройством дорожной одежды приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Степень консолидации U

Расчетная осадка сжатия $S_{сж}$, см	Требуемая степень консолидации U для типа дорожной одежды			
	капитального	облегченного	переходного	низшего
До 30 включ.	0,90	0,85	0,80	0,75
Св. 30 “ 100 “	0,95	0,90	0,85	0,80
“ 100 “ 170 “	0,96	0,92	0,87	0,82
“ 170	0,98	0,95	0,90	0,85

Режим возведения насыпи (темп отсыпки) зависит от устойчивости основания. Для оснований I и ШБ типа по устойчивости скорость отсыпки не регламентируется, для оснований II и ША типа насыпь следует возводить постепенно (медленная отсыпка) в течение определяемого расчетом времени t_0 (строительного периода), необходимого для упрочнения слабых грунтов в результате их консолидации.

При проведении расчетов необходимо соблюдать следующий **порядок расчета**:

а) назначают толщину насыпи (нагрузку P_1), которую можно отсыпать сразу (в один прием).

Нагрузку P_1 определяют по формуле:

$$P_1 = \rho_n h_1, \quad (5.3)$$

где ρ_n — плотность грунта насыпи;

h_1 — толщина насыпи, отсыпаемой сразу, которая определяется по формулам:

$$h_1 = \frac{P_{\text{нач без}}}{\rho_n} \quad \text{при} \quad \frac{P_{\text{нач без}}}{\rho_n} > S_{\text{ом}}, \quad (5.4)$$

$$h_1 = S_{\text{ом}} \quad \text{при} \quad \frac{P_{\text{нач без}}}{\rho_n} \leq S_{\text{ом}}; \quad (5.5)$$

б) устанавливают продолжительность строительного периода (t_0), в течение которого необходимо возводить насыпь до проектной толщины, чтобы основание успело приобрести необходимое упрочнение в процессе консолидации. Для этого определяют параметры: $\frac{\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}{1-\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}$ и $\frac{U_0}{1-\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}$.

Допускается принимать $1-\lambda_1/\lambda_{\text{расч}} = P_1/P_{\text{расч}}$ и U_0 по таблице 4.2 (где U_0 — степень консолидации основания, достигаемая в течение строительного периода t_0).

Затем на вертикальных шкалах номограммы (рисунок 5.2 или 5.1) находят точки, отвечающие заданным значениям переменных $\frac{\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}{1-\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}$ и $\frac{U_0}{1-\lambda_1/\lambda_{\text{расч}}}$, и соединяют их

линией путем наложения линейки. Точки пересечения этой линии со шкалами $\frac{t_0}{T}$ и $\frac{t}{T}$ при

условии $\frac{t_0}{T} = \frac{t}{T}$ дают искомое значение $\frac{t_0}{T}$;

в) устанавливают длительность консолидации основания t , необходимую для достижения заданной степени консолидации U (таблица 5.1). Для этого по известным

параметрам $\frac{\lambda_1/\lambda_{расч}}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$, $\frac{U}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$ и $\frac{t_0}{T}$ по номограмме (см. рисунок 5.2 или 5.1)

определяют искомый параметр $\frac{t}{T}$. При значениях $\frac{t_0}{T}$, не превышающих 7, следует пользоваться номограммой, приведенной на рисунке 5.2, которая является деталью номограммы, изображенной на рисунке 5.1.

г) устанавливают допустимую интенсивность отсыпки насыпи q в расчете на месяц:

$$q = \frac{30(h_n - h_1)}{t_0}, \quad (5.6)$$

где h_n — проектная толщина насыпи, см ;

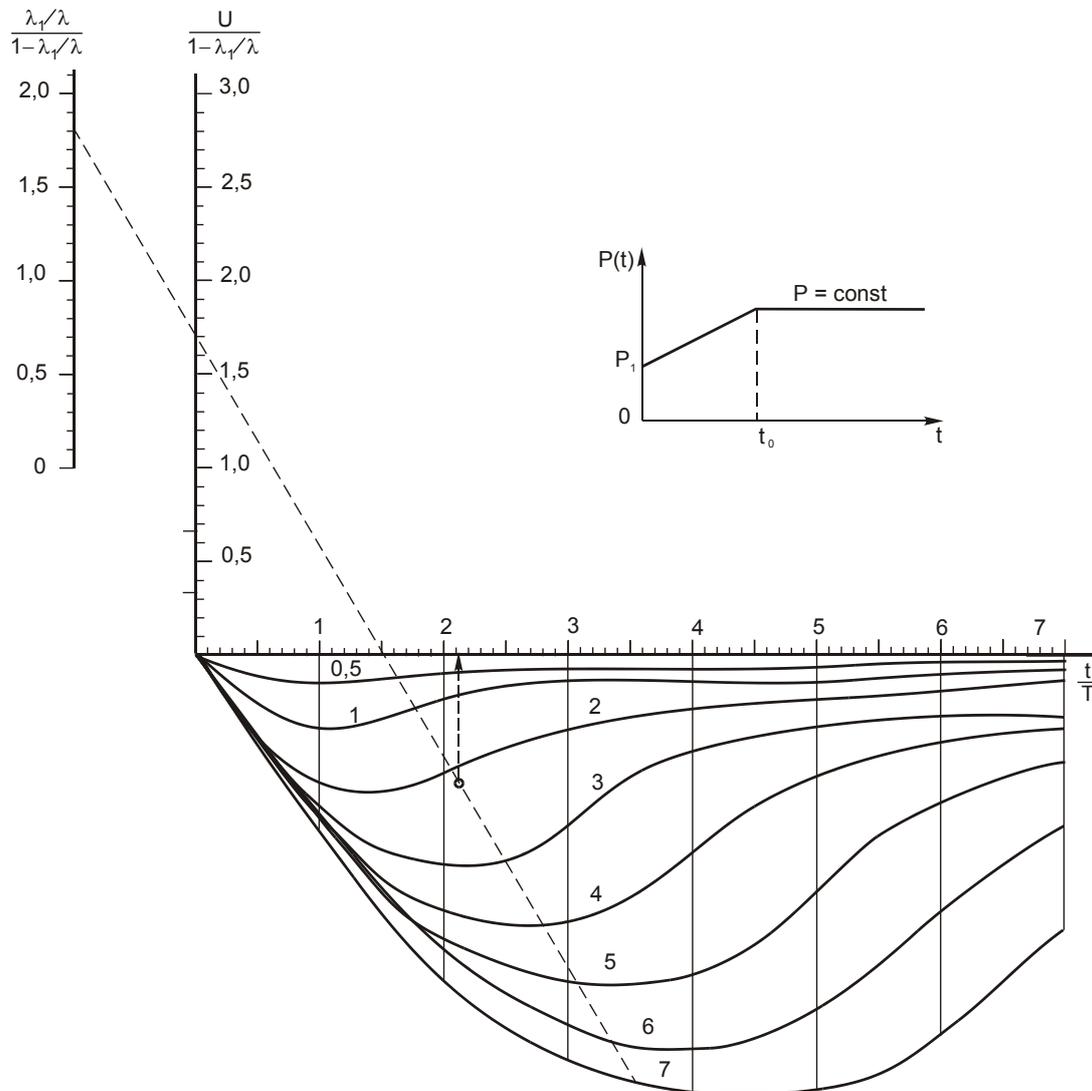


Рисунок 5.2 — Номограмма для расчёта продолжительности строительного периода t_0 (цифры на кривых — отношение t_0/T)

6. Расчет временной пригрузки

При строительстве дорог на болотных грунтах применяют следующие конструктивно-технологические решения временной пригрузки (рисунок 6.1):

— в виде дополнительного слоя насыпи на всю ширину земляного полотна — схема А;

— в виде суженной насыпи (насыпи - пригрузки) — схема Б.

При использовании схемы А грунт пригрузки после завершения консолидации используют на следующих участках дороги или в других элементах конструкции в соответствии с проектом организации строительства; при использовании схемы Б грунт распределяют на откосы.

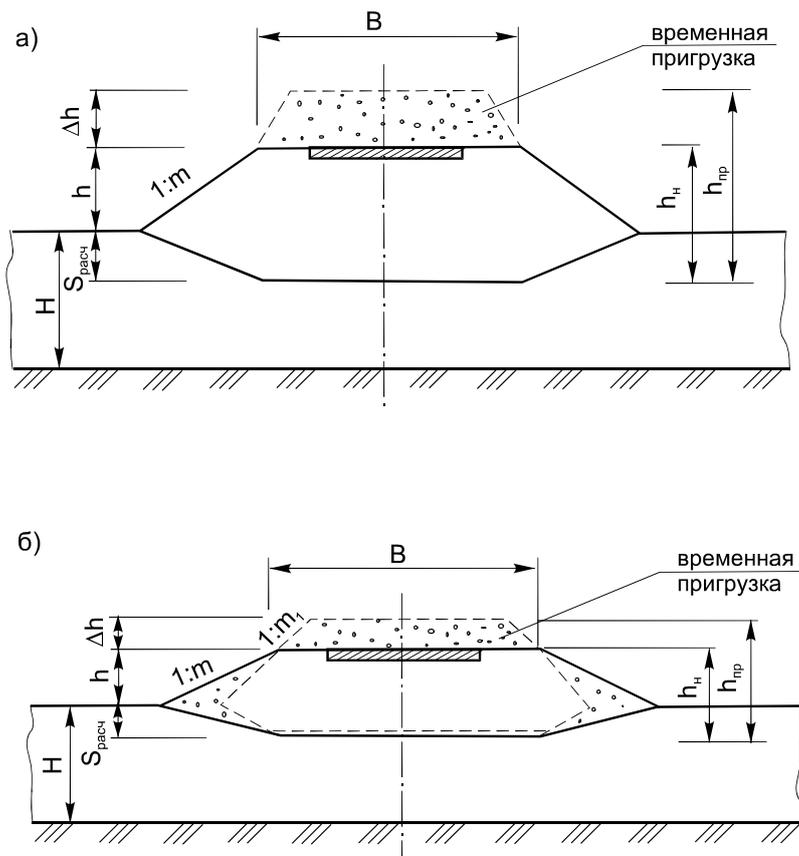


Рисунок 6.1 — Конструктивные решения земляного полотна с временной пригрузкой:

а — в виде дополнительного слоя насыпи — схема А;

б — в виде суженной насыпи (насыпь-пригрузка) — схема Б

Толщина слоя временной пригрузки принимается исходя из требуемых сроков достижения заданной степени консолидации при одновременном обеспечении устойчивости основания

Следует соблюдать следующий **порядок расчета**:

а) определяют величину временной пригрузки ΔP для схемы А по формуле

$$\Delta P = d P_{\text{расч}}, \quad (6.1)$$

где d — коэффициент перегрузки, минимальное значение которого следует принимать по рисунку 6.2;

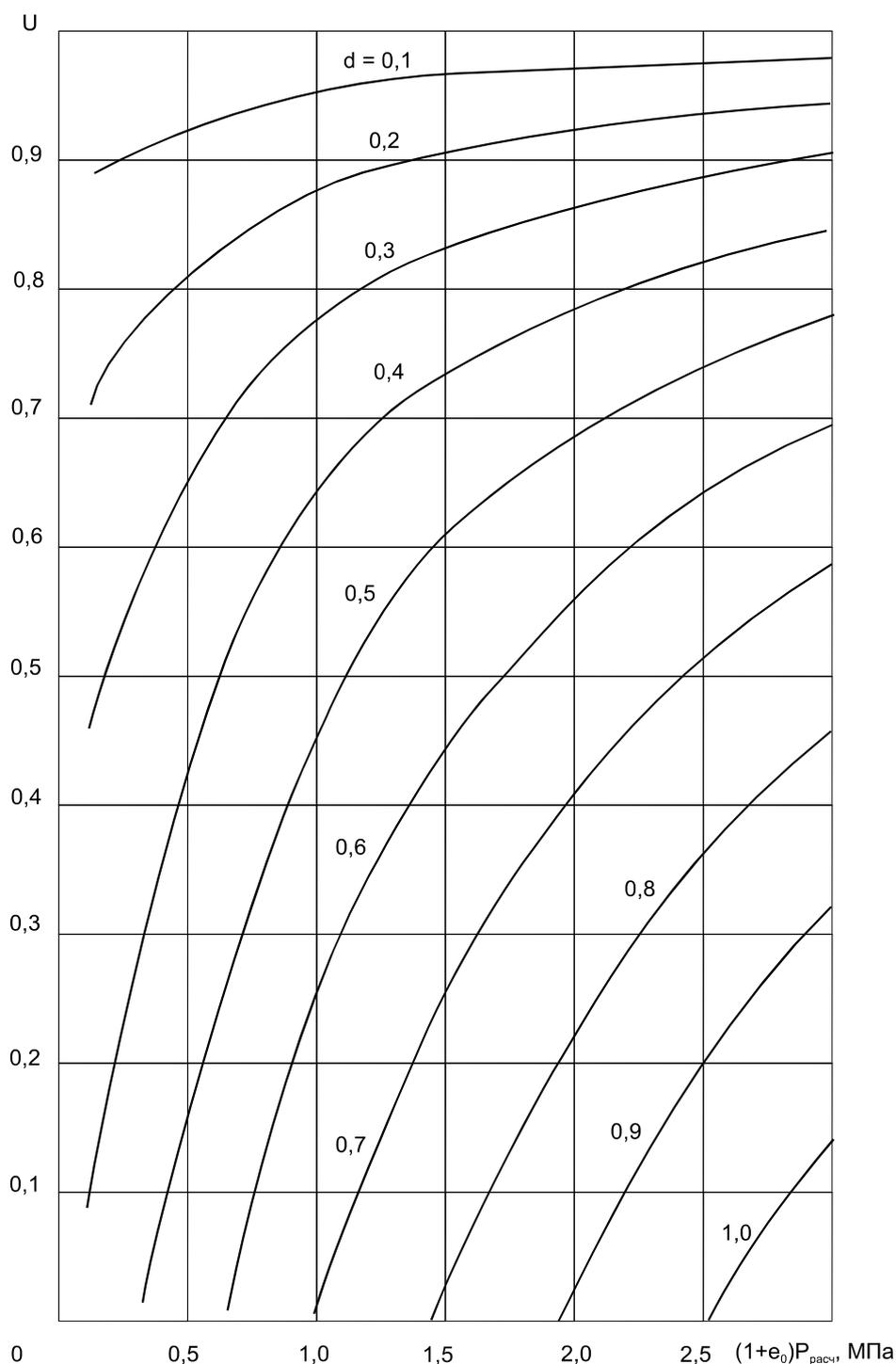


Рисунок 6.2 — График для определения минимального коэффициента перегрузки

б) коэффициент перегрузки d для пригрузки, выполняемой по схеме Б, определяют методом последовательного приближения в зависимости от требуемых сроков консолидации основания по формуле

$$d = \frac{2h}{B}(m - m_1), \quad (6.2)$$

где h — высота проектируемой насыпи, м;
 B — ширина проектируемой насыпи поверху, м;
 m — показатель крутизны заложения откоса проектируемой насыпи;
 m_1 — показатель крутизны заложения откоса суженной насыпи (насыпи-пригрузки).

При проектировании насыпи-пригрузки варьирование значений крутизны откосов осуществляют в пределах: (m) от 1,5 до 4,0; (m₁) от 1 до 2.

Коэффициенты перегрузки d, вычисленные по формуле (6.2), должны быть не менее минимальных значений, полученных из графика на рисунке 6.2. В противном случае пригрузка по схеме Б неэффективна, и для получения требуемого коэффициента перегрузки необходимо применять временную пригрузку по схеме А;

в) определяют консолидационный параметр (T_{пр}) для насыпи с пригрузкой по формулам (5.1) или (5.2). При этом параметры λ, P и S_{сж} для насыпи с пригрузкой вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} S_{сж пр} &= S_{сж расч} (1 + bd), \\ \lambda_{сж пр} &= \lambda_{сж расч} (1 + bd), \\ P_{пр} &= P_{расч} (1 + d). \end{aligned} \quad (6.3)$$

В формулах b — безразмерный коэффициент, определяемый по формуле:

$$b = 1/(1+1,52 (1+ e_0) P_{расч}), \quad (6.4)$$

где P_{расч} — расчетная нагрузка на основание, МПа;

e₀ — средневзвешенное значение коэффициента пористости основания;

г) проверяют устойчивость слабого основания при возведении насыпи с временной пригрузкой. Коэффициент безопасности основания вычисляют по формуле:

$$K_{без пр}^{кон} = \frac{P_{без}^{нач}}{P_{пр} (1 - U_0 \lambda_{сж пр})}, \quad (6.5)$$

где U₀ — степень консолидации основания, достигаемая за время строительного периода t₀. Определяется по таблице 4.2 в зависимости от величины λ_{сж пр}.

Далее производится расчет осадки насыпи с пригрузкой во времени согласно пункту 5.

а) назначают толщину насыпи h₁ и нагрузку P₁ из расчетов пункта 5.

б) определяют параметры: $\frac{\lambda_1/\lambda_{расч}}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$ и $\frac{U_0}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$.

Принимают $1-\lambda_1/\lambda_{пр} = P_1/P_{пр}$ и U₀ по таблице 4.2 (где U₀ — степень консолидации основания, достигаемая в течение строительного периода t₀).

Затем на вертикальных шкалах номограммы (рисунок 5.2 или 5.1) находят точки, отвечающие заданным значениям переменных $\frac{\lambda_1/\lambda_{расч}}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$ и $\frac{U_0}{1-\lambda_1/\lambda_{расч}}$, и соединяют их линией путем наложения линейки. Точки пересечения этой линии со шкалами $\frac{t_0}{T}$ и $\frac{t}{T}$ при условии $\frac{t_0}{T} = \frac{t}{T}$ дают искомое значение $\frac{t_0}{T}$;

в) устанавливают длительность консолидации основания t, необходимую для достижения заданной степени консолидации U_{пр}.

$$U_{\text{пр}} = U \cdot S_{\text{сж}} / S_{\text{сж пр}}, \quad (6.6)$$

Для этого по известным параметрам $\frac{\lambda_1 / \lambda_{\text{расч}}}{1 - \lambda_1 / \lambda_{\text{расч}}}$, $\frac{U}{1 - \lambda_1 / \lambda_{\text{расч}}}$ и $\frac{t_0}{T}$ по номограмме (см. рисунок 5.2 или 5.1) определяют искомый параметр $\frac{t}{T}$.

Определяем толщину слоя временной пригрузки: $\Delta h = d \cdot h_i$.

Интенсивность отсыпки насыпи q в расчете на месяц составит:

$$q = \frac{30(h_i + \Delta h - h_1)}{t_0}.$$

Строится график возведения насыпи во времени.

7. Ускорение осадки путем частичного выторфовывания и путем устройства вертикальных дрен и дренажных прорезей

Величина выторфовывания определяется:

$$h_{\text{ааа}} = \dot{I} \left(1 - \sqrt{\frac{t_0}{t}} \right), \quad (7.1)$$

где H – общая толщина торфа, м;
 t_0 – срок строительства, по заданию;
 t – необходимое время осадки, рассчитанное в пункте 5.

При расчете вертикальных дрен и дренажных прорезей задаются диаметром дрен и расстоянием между ними. Диаметр d принимается равным ориентировочно 40 – 60 см, шаг l – 3 – 5 м.

Для проверки правильности назначенных расстояний между дренами рассчитывается степень консолидации основания:

$$U_{\text{ааа}} = 100 - 0,01 \cdot (100 - U_{\tilde{A}}) \cdot (100 - U_{\hat{A}}), \quad (7.2)$$

где U_{Γ} , $U_{\text{в}}$ – коэффициенты консолидации при выжимании воды в горизонтальном и вертикальном направлении соответственно, определяются по графику (рисунок 7.1 а, б) в зависимости от соотношения $n = l/d$ и факторов времени $T_{\text{гор}}$ и $T_{\text{верг}}$.

Факторы времени рассчитываются по следующим формулам:

$$\dot{O}_{\text{ааа}} = \frac{\hat{E}_{\hat{o}}^{\text{ааа}} \cdot (1 + \hat{a}_i)}{\Delta \hat{a} \cdot l^2} \cdot t_0, \quad (7.3)$$

$$\dot{O}_{\text{ааааа}} = \frac{\hat{E}_{\hat{o}}^{\text{ааааа}} \cdot (1 + \hat{a}_i)}{\Delta \hat{a} \cdot l^2} \cdot t_0, \quad (7.4)$$

где $K_{\text{ф}}^{\text{гор}}$, $K_{\text{ф}}^{\text{верг}}$ – коэффициенты фильтрации торфа в вертикальном и горизонтальном направлениях;

Вариант	$K_{\text{ф}}^{\text{гор}}$	$K_{\text{ф}}^{\text{верг}}$
А	0,010	0,012
Б	0,013	0,010
В	0,011	0,013

e_0 – средневзвешенная пористость торфяной толщи;
 Δa – параметр, консалидационной кривой, при расчете можно принять равным 30;
 t – срок строительства, сут.

Полученное значение $U_{\text{общ}}$ сравнивают с U (таблица 5.1). Если отклонение не превышает 5% принятое расстояние между дренами и диаметр дрен закладываются в проект.

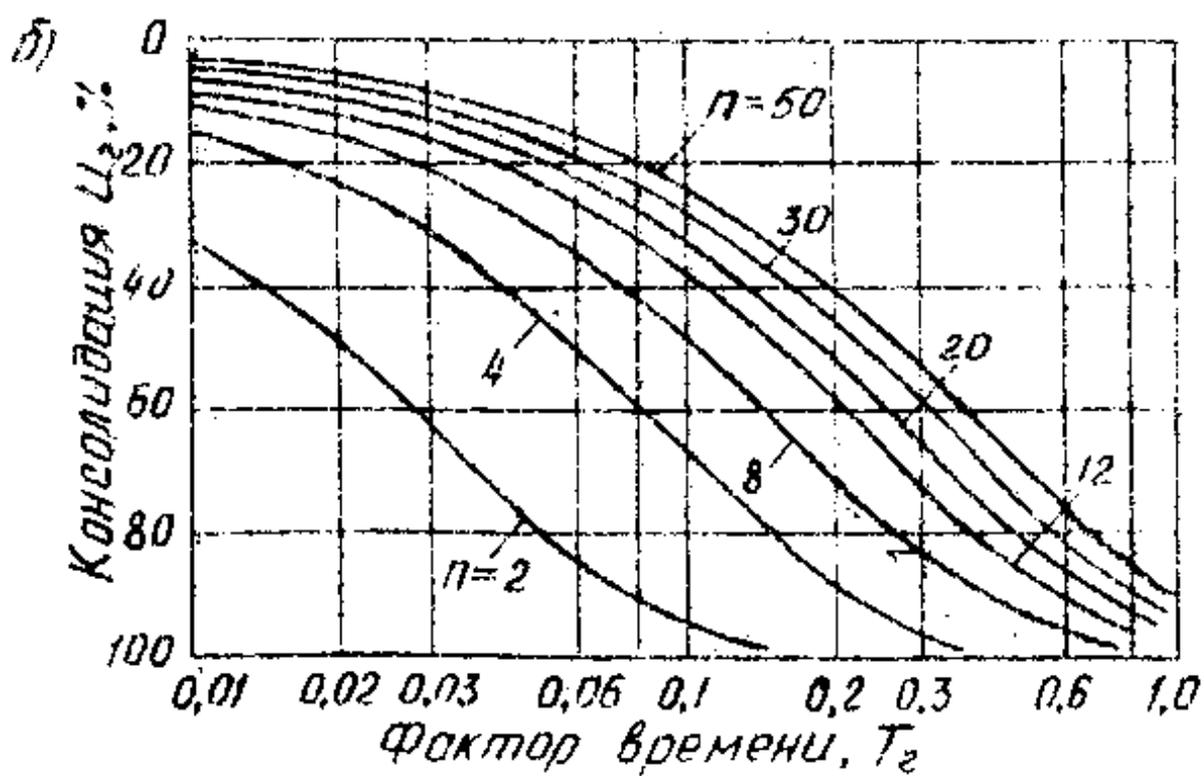
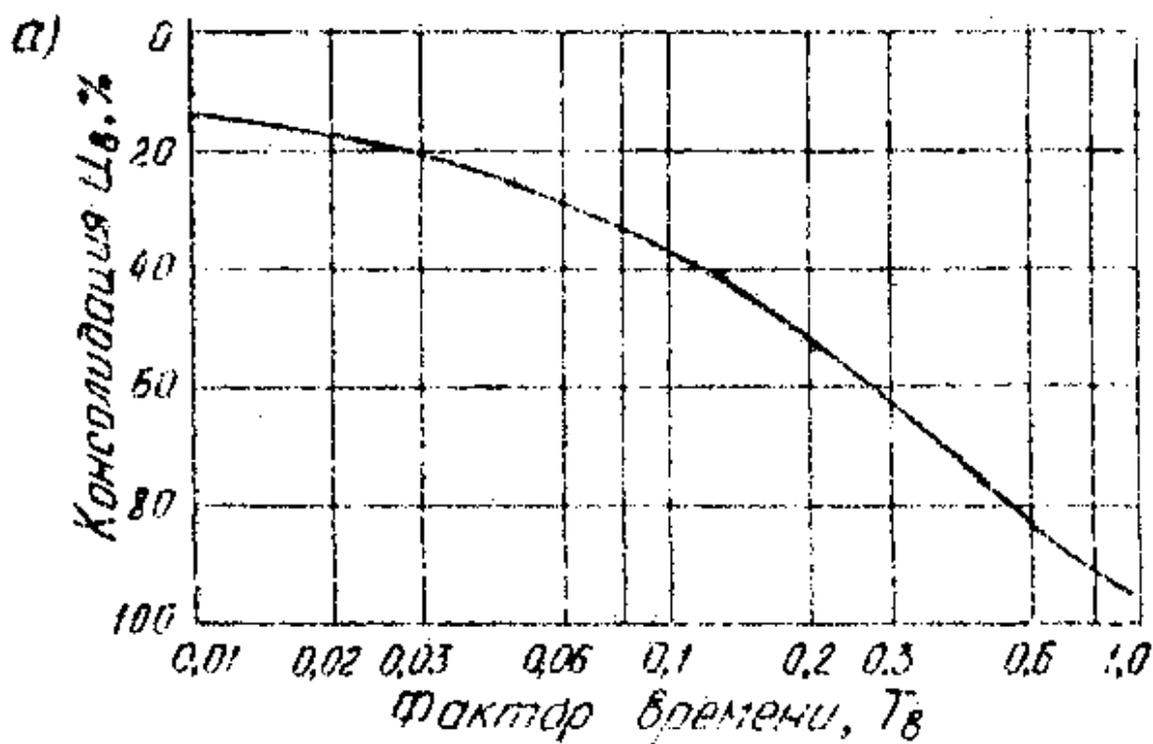


Рисунок 7.1 График для определения степени консолидации:
 а – при вертикальной фильтрации;
 б – при горизонтальной фильтрации.