

Статический расчет прочности нежесткой дорожной одежды при возведении насыпи на слабом основании

Шишко Н.И., Гатальский Р.К.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Проектирование конструкции дорожной одежды связано со многими факторами, воздействие которых оказывает влияние на условия работы дорожной одежды.

При проектировании конструкции дорожной одежды для участков автомобильных дорог, возводимых на слабых грунтах, необходимо учитывать условия совместной работы системы *слабый грунт – насыпь – дорожная одежда*.

Расчет прочности дорожной одежды производят из условия, что упругий вертикальный прогиб на поверхности покрытия не превышает предельно допустимых значений.

Требуемое значение модуля упругости на поверхности насыпи $E_{н\text{ общ}}^{mp}$, возводимой на слабом основании, определяется по таблице 1 на основе известных отношений $H_{до}/D$ и $E_{общ}/E_{ср до}$,

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

$E_{ср до}$ – средневзвешенный модуль упругости дорожной одежды, МПа;

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

где $H_{до}$ – 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.

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 ($E_{н\text{ общ}}^{mp}$), полученному по результатам расчета дорожной одежды.

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

$$E_{н\text{ общ}}^{\phi} = \frac{E_n \cdot E_m}{E_m \cdot m + E_n K \cdot n \cdot \eta} \quad , \quad (2)$$

где E_n – модуль упругости грунта насыпи, МПа;

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

Таблица 1. Общий модуль упругости на поверхности насыпи

$\frac{E_{ср.до}}{E_{мп\text{ н общ}}}$	$E_{общ} / E_{ср до}$ для значений $H_{до} / D$															
	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	0,33	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

Для торфяных грунтов E_m допускается определять по экспериментальной зависимости $E_m = f(\rho_d; \lambda_{сж})$, приведенной на рисунке 1 (ρ_d – плотность сухого торфа в природном залегании (средневзвешенное значение по слоям слабого (болотного) основания), г/см³;

$\lambda_{сж}$ – относительная деформация сжатия торфа, уплотненного массой насыпи);

m – коэффициент, учитывающий относительную толщину насыпного слоя h'_n/D (таблица 2).

Таблица 2. 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

$$h'_n = h + S_{общ} - H_{до} , \quad (3)$$

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

h – высота насыпи;

$S_{общ}$ — осадка слабого основания;

$H_{до}$ – толщина дорожной одежды;

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

Коэффициент K определяют по графику (рисунок 2 а) в зависимости от отношений h'_n/D и h'_m/D ($h_m = H - S_{общ}$, 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_m для $h'_n \geq 2D$ определяют по графику (рисунок 2 б);

n коэффициент, значения которого принимают по таблице 3.

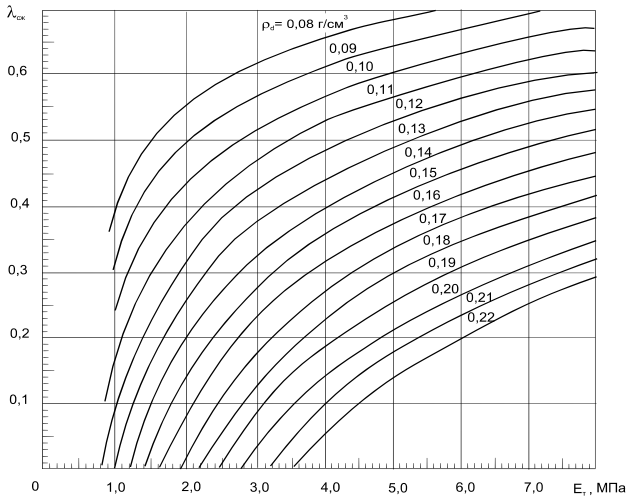
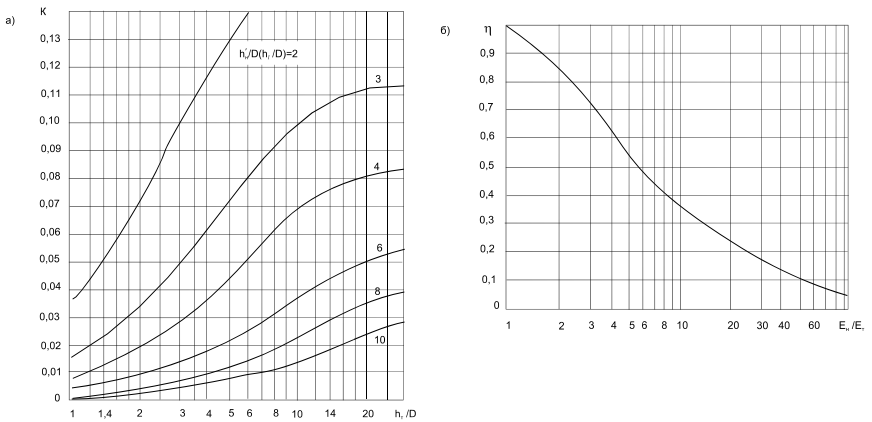


Рис. 1. Номограмма для определения модуля упругости торфяного основания



а) коэффициент K ; б) коэффициент η

Рис. 2. — Номограмма для определения модуля упругости торфяного основания

Таблица 3. Коэффициент n

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

Если условие достаточной толщины (прочности системы *(насыпь — болотный грунт)* $E_{н\ обшц}^{\phi} > E_{н\ обшц}^{mp}$) не выполняется, необходимо увеличивать высоту насыпного слоя, производя расчет по определению осадки насыпи, а затем проверить выполнение условия статической прочности нежесткой дорожной одежды при возведении насыпи на слабом основании заново.