

УДК 625.8

РАСЧЕТ ПО УСЛОВИЮ СДВИГУСТОЙЧИВОСТИ СЛАБОСВЯЗНОГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕГО ГРУНТА

С. И. Сушков<sup>1</sup>, Л. В. Болотских<sup>2</sup>, Т. В. Каратаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

E-mail: s.i.sushkov@mail.ru

Армирование щебня георешетками позволяет увеличить общий (эквивалентный) модуль упругости конструкции на  $6 \div 15 \%$ , снизить величину касательных напряжений в слое, подстилающем георешетку, на  $25 \div 80 \%$ , увеличить модуль деформации при значительных осадках более чем в 2 раза.

Помимо вышеперечисленных преимуществ от применения георешеток можно дополнительно отметить, что увеличивается срок службы покрытий до капитального ремонта, несущая способность конструкций, армированных георешетками, увеличивается в  $2 \div 2,5$  раза. Расчетом предусмотрено применение георешеток Геоком Б-450 ОАО «Комитекс». Георешетка Геоком Б-450 является химически и биологически стойким материалом в условиях кислотно-щелочной среды.

В связи с тем, что отсутствуют данные об инженерно-геологических изысканиях о компрессионных и консолидационных испытаниях торфа среднеразложившегося (ИГЭ – бв), исходные данные для расчета были выбраны из технической литературы. В основу расчета легла методика, изложенная в технической литературе [1, 3, 4]. Расчетная схема представлена на рисунке 1.

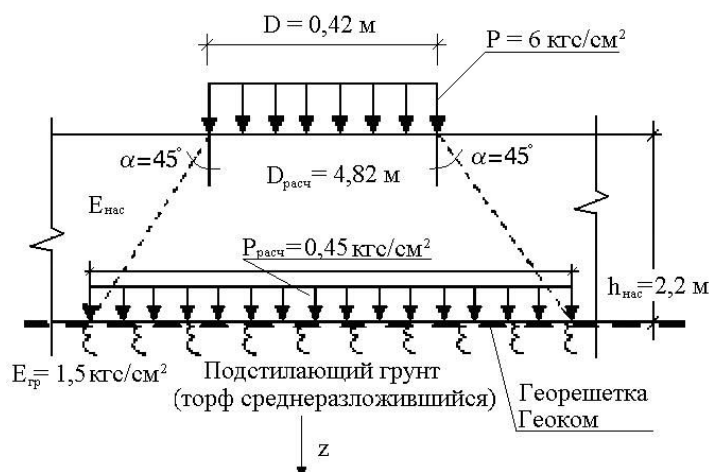
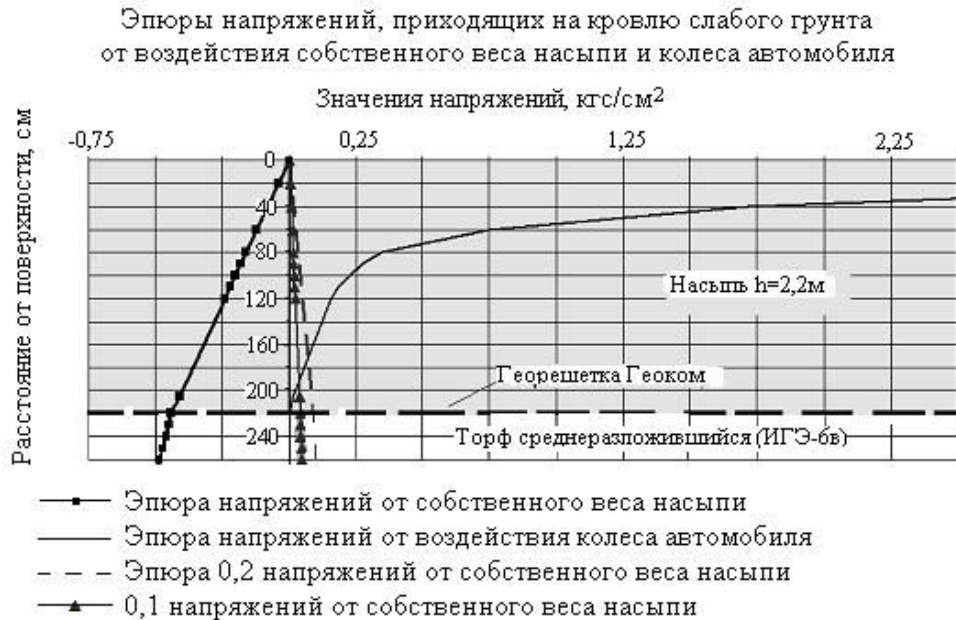


Рисунок 1 – Расчетная схема

Исходные данные: торф среднеразложившийся (ИГЭ – бв). Модуль деформации –  $E_d = 0,15$  МПа; коэффициент относительной сжимаемости  $m_v = 6,67$  м<sup>2</sup>/МН; коэффициент фильтрации  $K_f = 0,18 \times 10^{-4}$  см/с [3].



1 В качестве нижней границы сжимаемой толщи ( $H_{акт}$ ) была принята кровля мерзлого малосжимаемого грунта (ИГЭ – мл18е). Таким образом,  $H_{акт} = H_{торфа} = 1,3$  м. Расчетные значения внешней нагрузки, приходящей на кровлю слабого грунта были определены из выражения (1), кгс/см<sup>2</sup>:

$$P_{расч} = \sigma_{zg} + \sigma_z = 0,44 + 0,004 \approx 0,45, \quad (1)$$

где  $\sigma_{zg}$  – напряжения от собственного веса насыпи;  $\sigma_z$  – напряжения от колеса автомобиля.

Осадка слабой толщи в пределах активной зоны рассчитывалась по формуле (2), см:

$$S_{кон} = \frac{P_{расч} \cdot H_{акт}}{E_{ср}}, \quad (2)$$

где  $H_{акт}$  – мощность сжимаемой толщи, см;  $P_{расч}$  – нагрузка на поверхности толщи, кгс/см<sup>2</sup>;  $E_{ср}$  – средневзвешенный модуль деформации сжимаемой толщи, кгс/см<sup>2</sup>.

$$S_{кон} = \frac{0,45 \cdot 130}{1,5} = 39.$$

2 Ожидаемое время консолидации торфа среднеразложившегося (ИГЭ – бв), соответствующее 0,8 от полной осадки [1, 3]:

а) Определим коэффициент консолидации  $C_v$ , учитывая, что  $1 \text{ см/с} \approx 3 \times 10^{-7} \text{ см}^2/\text{год}$

$$C_v = \frac{K_\phi}{m_v \gamma_w} = \frac{3 \cdot 10^{-7} \cdot 0,18 \cdot 10^{-4}}{6,67 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}} = 0,83 \cdot 10^{-6}.$$

б) Определим время консолидации  $t$ , месяц:

$$t = \frac{4h^2}{\pi^2 C_v} \cdot N = \frac{4 \cdot 130^2}{9,87 \cdot 0,83 \cdot 10^6} \cdot 1,64 \approx 1,$$

где  $N$  – постоянный множитель, определяемый по табличным данным, в зависимости от степени консолидации и вида эпюры уплотняющих давлений [1, 3];  $h$  – толщина слоя, см.

Устойчивость основания оцениваем по величине коэффициента безопасности

$$k_{без} = P_{без} / P_{расч}. \quad (3)$$

Расчетная схема представлена на рисунке 3.

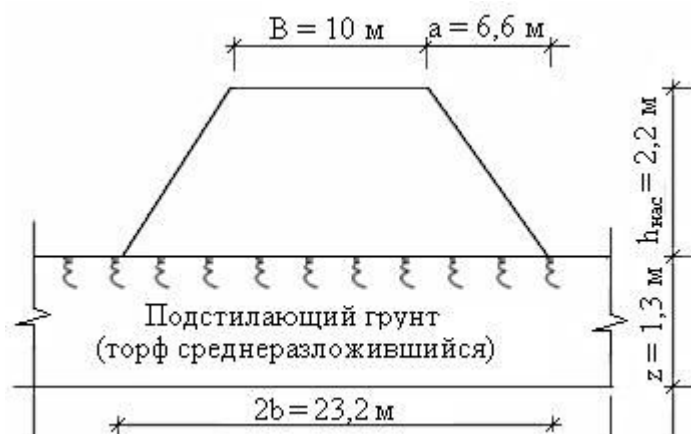


Рисунок 3 – Расчетная схема

Расчет на быструю отсыпку проводим следующим образом. Расчетная

нагрузка составит, кгс/см<sup>2</sup>:

$$P_{расч} = \gamma_n (h_{расч} + S_{кон}) = 0,002 \cdot (220 + 39) = 0,518,$$

где  $\gamma_n$  – удельный вес грунта насыпи;  $h_{расч}$  – расчетная высота насыпи;  $S_{кон}$  – конечная осадка основания насыпи.

Безопасная нагрузка (4) для условий быстрой отсыпки, исходя из прочностных свойств грунта, равна:

$$P_{без}^{нач} = \frac{(c_{нач} + \gamma z \operatorname{tg} \varphi_{нач})}{\beta}, \quad (4)$$

где  $c_{нач}$  и  $\varphi_{нач}$  – сцепление и угол внутреннего трения грунта при природной влажности;  $\gamma$  – средневзвешенный удельный вес толщи;  $z$  – глубина расположения рассматриваемого горизонта от поверхности земли;  $\beta$  – функция  $\varphi_{нач}$ , формы эпюры нагрузки  $2a/B$  и относительной глубины  $z/b$ .

Так как плотность торфа во взвешенном состоянии близка к нулю, то в данном случае формула упрощается (5):

$$P_{без}^{нач} = \frac{c_{нач}}{\beta}. \quad (5)$$

Для определения  $\beta$  необходимо рассчитать  $2a/B$  и  $z/b$ . В данном случае их величины составят:

$$2a/B = 2 \times 6,6/10 = 1,32; \quad z/b = 1,3/11,6 = 0,112.$$

В природном состоянии влажность торфа составляет  $w = 1178 \%$  [4]. По номограммам были определены значения сцепления и угла внутреннего трения, соответствующие указанной влажности, которые составляют:  $c_{нач} = 0,05$  кгс/см<sup>2</sup>,  $\varphi_{нач} = 5^\circ$ .

Далее определяем для  $2a/B = 1,32$  и  $z/b = 0,112$  коэффициент  $\beta = 0,09$ . За расчетный коэффициент  $\beta$  может быть принят  $\beta = 0,09$  для  $z = 1,3$  м, так как эта величина максимальная для всего слоя.

Тогда безопасная нагрузка для слоя торфа составит, кгс/см<sup>2</sup>:

$$P_{без} = \frac{0,05}{0,09} = 0,55.$$

Коэффициент безопасности в данном случае равен:  $k_{без} = \frac{0,55}{0,518} = 1,06 > 1$  –

устойчивость насыпи при быстрой отсыпке обеспечена. В соответствии с приложением 4 ВСН 26-90 [2], для толщины торфяного слоя  $h_{тор} = 1,3$  м динамическая устойчивость насыпи будет обеспечена при ее высоте более 1,65 м. Таким образом, в нашем случае динамическая устойчивость насыпи обеспечена, так как  $h_{нас} = 2,2$  м.

#### Выводы и рекомендации

1 Конечная величина осадки слабого основания составит 39 см. Время достижения 80 %-ой консолидации слабого грунта составит около 1 месяца, однако армирование дорожной одежды георешетками Геоком Б-450 позволит обеспечить равномерное протекание осадки во времени и требуемую прочность при эксплуатации.

2 Устойчивость слабого основания для насыпи высотой 2,2 м обеспечена.

#### Библиографический список

1 Бурмистрова, О. Н. Обоснование расчетных схем и математических моделей нежестких дорожных одежд, армированных геосинтетическими материалами [Текст] / О. Н. Бурмистрова, М. А. Воронина // Вестника ПГТУ. Серия «Лес. Экология. Природопользование», №1, 2012 – С. 45-51.

2 Бартоломей, А. А. Механика грунтов : Учеб. издание [Текст] / А. А. Бартоломей / АСВ, Москва, 2003. – 304 с.

3 ВСН 26-90 «Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири».

4 Руководство по проектированию свайных фундаментов [Текст] / НИИОСП им. Н. М. Герсванова Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1980.

5 СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги».