МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Москва 1987

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Утверждены зам.директора Союздорнии
канд.техн.наук Б.С.Марышевым

Одобрены Главтранспроектом
(письмо № 3002/15-18-36 от 3.09.85)

Москва 1987

УДК 625.731.1:626.86(083.131)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ. Союздорнии. М., 1987.

Предложена методика проектирования вертикальных ленточных дрен из геотекстильного материала при сооружении автомобильных дорог на болотах. Изложены требования к геотекстильным материалам для вертикальных дрен. Приведены конструкции дрен и технология их устройства, дана оценка технико-экономической эффективности применения ленточных дрен на основе сопоставления их с песчаными по себестоимости. Дан пример расчета сроков осадки насыпей с вертикальными и ленточными дренами в основании.

Табл.3, рис.4.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1987

УДК 625.731.1:626.86(083.131)

Предисловие

При строительстве автомобильных дорог и других инженерных сооружений на слабых водонасыщенных грунтах часто возникает задача ускорения осадки насыпей, сокращения сроков консолидации слабого грунта в основании. Одним из наиболее известных методов ускорения уплотнения слабого грунта является вертикальное дренирование слабой толщи путем образования под подошвой сооружения вертикальных дренажных скважин для выхода воды, отжимаемой из основания под массой насыпи.

До последнего времени для устройства дренажных скважин применялись в основном песчаные дрены. Технология устройства песчаных дрен имеет ряд недостатков, затрудняющих внедрение метода вертикального дренирования в практику строительства: сложность и низкая производительность оборудования для погружения обсадных труб, диаметр которых должен быть не менее 400 мм; трудность организации (в условиях линейного сооружения) работы механизированного отряда для устройства дрен; потребность в песке с коэффициентом фильтрации более 6 м/сут. Стремление избежать этих трудностей, индустриализировать устройство вертикальных дрен привело к созданию в СССР и за рубежом дрен заводского изготовления. Это дрены комбинированного типа, выполненные в виде пластмассового сердечника с продольными каналами, обернутого бумажным фильтром.

Следующим этапом в развитии дрен заводского изготовления стала более простая ленточная геотекстильная дрена, при создании которой был использован опыт Союздорнии в изучении геотекстильных материалов и

методов их инженерного использования в дорожных конструкциях, в том числе в дренажных устройствах, и опыт НИИ оснований и подземных сооружений в области применения комбинированных дрен. В результате была разработана методика расчета, проектирования и сооружения конструкции насыпи на слабом грунте с вертикальными ленточными дренами из геотекстильных материалов в основании. Предложенные конструктивно-технологические решения были проверены на ряде строительных объектов, причем во всех случаях доказана эффективность вертикальных ленточных дрен как средства ускорения консолидации слабых водонасыщенных грунтов в основаниях насыпей. Изготовление дрен из геотекстиля имеет ряд технико-экономических преимуществ по сравнению с вертикальными песчаными и комбинированными дренами.

Настоящие Методические рекомендации разработаны канд.техн.наук А.Г.Полуновским при участии кандидатов технических наук Ю.В.Пудова, Б.П.Брантмана, инж. М.В.Лединой (Союздорнии), кандидатов технических наук Е.В.Светинского, А.В.Бреднева (НИИОСП Госстроя СССР).

Замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г. Балашиха-6, Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. Настоящие Методические рекомендации предназначены для применения при проектировании и строительстве насыпей на слабых сильносжимаемых водонасыщенных грунтах с вертикальными геотекстильными ленточными дренами в основании. Ленточные дрены могут устраиваться для ускорения осадки сооружения, предпостроечного уплотнения слабого грунта в основании сооружения, а также для повышения устойчивости насыпи на слабом грунте за счет увеличения его прочностных характеристик вследствие уплотнения и снижения влажности в процессе осадки основания.

1.2. Вертикальные ленточные дрены в наиболее простой форме представляют собой ленты из рулонного волокнистого материала, вертикально установленные в грунте. Различия между ними сводятся в основном к ширине и толщине ленты, числу слоев образовывающего ее материала. Возможны также более сложные варианты конструкции дрены с укладкой геотекстиля в несколько слоев различной структуры и образованием внутри дрены продольных каналов различной величины и формы.

1.3. Ленточные дрены целесообразно применять для ускорения консолидации слабых водонасыщенных грунтов, как биогенных (торф, сапропель, заторфованные грунты), так и минеральных (илы, глинистые грунты, мелкие пески), при мощности слабого слоя свыше 3 м на водоупоре и свыше 5 м на водопроницаемом основании. При устройстве текстильных дрен в таких грунтах могут быть сняты принимаемые для песчаных дрен дополнительные ограничения по применению вертикальных дрен в слоистых толщах, имеющих крупные включения или прочные слои, затрудняющие погружение обсадной трубы при устройстве песчаной дрены.

1.4. Вертикальные ленточные дрены можно устраивать на автомобильных дорогах всех категорий и на строительных площадках. Эффективность ленточных дрен оценивается на основе их технико-экономического сравнения с песчаными дренами и другими способами ускорения осадки и повышения устойчивости слабого основания с учетом грунтовых условий, директивных сроков строительства, наличия необходимых материалов и оборудования.

1.5. Участки с вертикальными ленточными дренами относятся к местам индивидуального проектирования, поэтому при проведении инженерно-геологических изысканий необходимо иметь достаточно полную информацию о свойствах и условиях залегания как самих слабых грунтов, так и подстилающих их, перекрывающих и расположенных внутри слабой толщи прочных минеральных материалов.

2. Проектирование вертикальных ленточных дрен

2.1. Проектирование вертикальных ленточных дрен заключается в назначении параметров конструкции, обеспечивающих достижение в заданный срок требуемой нормами степени консолидации основания. Исходной информацией для проектирования являются данные о строении основания насыпи, свойствах слагающих его грунтов, характеристиках насыпного грунта.

2.2. Вертикальные текстильные дрены целесообразно устраивать в слабых грунтах со степенью влажности $1 \geqslant \delta \geqslant 0{,}8$. Степень влажности определяем по формуле

$$\delta = \frac{W \rho_s}{100 e \rho_в},$$

где W – природная влажность грунта, %;

e – коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности, $e=(\rho_s-\rho_d)/\rho_s$;

$\rho_s, \rho_d, \rho_в$ – плотность соответственно влажного грунта, сухого грунта и воды, г/см^3;

100 – коэффициент, %.

2.3. Вертикальные ленточные дрены целесообразно применять в слабых грунтах с коэффициентом фильтрации от 1 до $1 \cdot 10^{-5}$ м/сут (от 10^{-3} до 10^{-8} см/с). При проектировании дрен следует учитывать неоднородность строения и свойств слабого грунта по глубине и простиранию, благоприятную с точки зрения вертикального дренирования: превышение горизонтальной водопроницаемости над вертикальной, наличие в слабой толще горизонтальной слоистости и горизонтальных прослоек с повышенной водопроницаемостью.

2.4. Необходимым условием применения вертикальных текстильных дрен в грунтах с начальным градиентом фильтрации J_0 является достаточная величина напора, возникающего в основании под весом насыпи. Критическое значение напора $H_к$ (м) определяется из условия

$$H_к > \frac{1}{2} d_e J_0^u ,$$

где d_e – эффективный диаметр дрены (диаметр зоны дренирования), м;

J_0^u – начальный градиент фильтрации с учетом его изменения в процессе уплотнения слоя до степени консолидации U.

2.5. Для ускорения консолидации, проведения предпостроечного уплотнения, а также для достижения уплотнения грунта при высоте насыпи и давлении, не обеспечивающих преодоление начального градиента, вертикальное дренирование целесообразно сочетать с устройством временной пригрузки, например, в виде дополнительного слоя грунта. Минимальная толщина пригрузки $h_{пр}$ (см) определяется из условия

$$h_{пр} = \frac{1}{\rho_s}(0{,}5 d_e \rho_в \mathcal{J}_0^u - \rho_s H_u),$$

где H_u – проектная высота насыпи с учетом осадки, см.

Величину временной пригрузки назначают в зависимости от требуемого срока консолидации насыпи и ограничивают по условию устойчивости основания. Для насыпей автомобильных дорог II категории и ниже максимальная толщина слоя грунтовой пригрузки составляет 2 м.

2.6. Вертикальные ленточные дрены должны, как правило, достигать подстилающих слабую толщу слоев. В плане дрены располагают по квадратной или ромбической (с углом 60°) сетке.

Эффективный диаметр дрены d_e в зависимости от расстояния между дренами e следует принимать: для квадратной сетки $d_e = e\sqrt{\frac{4}{\pi}} = 1{,}13 \cdot e$, для ромбической – $d_e = e\sqrt{\frac{8}{\pi\sqrt{3}}} = 1{,}05\, e$.

2.7. Максимальный шаг дрены (расстояние между ее осями) назначают в пределах 1–2 м, минимальный – 0,5 м. Поперечный размер дрены обусловлен сечением обсадной трубы и должен составлять не менее 100 мм в ширину при толщине дрены 5 мм. Дрены устраивают вертикально, допустимое отклонение от вертикали не должно превышать 3° или 5 см на каждый метр длины дрены. На участках с однородным уклоном поверхности рабочего слоя допустимое отклонение можно увеличить в 2 раза, если дрены располагаются с однородным наклоном (взаимно параллельно).

2.8. Перед дренированием следует отсыпать рабочую платформу из песка, сквозь которую погружают дрены. Для рабочей платформы используют песок с коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут при ширине насыпного слоя до 20 м и не менее 3 м/сут – при большей ширине. Минимальная толщина рабочей платформы $h_{пл}$

должна обеспечивать проезд и работу машин, составлять не менее 1 м на органических грунтах и 0,5 м на минеральных и удовлетворять условию

$$h_{пл} \geq \frac{\delta}{2} \cdot \frac{K_т}{K_п},$$

где δ – толщина текстильного полотна, м;

$K_т$ и $K_п$ – коэффициент фильтрации соответственно текстильного полотна и песка с учетом уплотнения под весом насыпи, м/сут.

Толщина рабочей платформы может быть снижена в 1,5 раза при укладке под нее геотекстильного полотна сплошным слоем на всю ширину подошвы насыпи. Обсадную трубу в этом случае погружают через текстильную прослойку, для чего на их нижнем конце делается штыковое устройство для прокалывания геотекстильного полотна.

2.9. Для проектирования вертикальных ленточных дрен необходимы следующие исходные характеристики конструктивных элементов:

насыпи – ширина, заложение откосов, рабочая отметка, срок устройства покрытия, категория дороги, тип дорожной одежды, плотность насыпного грунта, коэффициент фильтрации материала для рабочей платформы;

основания – положение уровня грунтовых вод, мощность и строение слабой толщи, вид слагающих ее грунтов, их плотность, плотность частиц, влажность, угол внутреннего трения, сцепление, модуль деформации, результаты испытаний на сжимаемость и консолидацию под расчетной нагрузкой, коэффициент бокового давления;

дрены – вид геотекстильного полотна, его толщина, ширина и длина, прочность и деформативность при растяжении, поверхностная плотность, плотность волокна, средний размер пор, водопроницаемость вдоль полотна и ее изменение при уплотнении, сжимаемость под расчетной нагрузкой.

2.10. Проектирование вертикальных дрен ведется в следующем порядке. Определяются, например, расчетные параметры ленточной дрены из дорнита шириной 10 см:

эквивалентный диаметр $d_w = 3$ см;

площадь поперечного сечения с учетом обжатия грунтом $F_g = 4$ см^2;

коэффициент фильтрации в уплотненном состоянии $K_т = 0{,}14$ см/с.

Вычисляем отношение коэффициентов фильтрации грунта в горизонтальном направлении и текстильной дрены в продольном направлении $K_г/K_т$. Определяем $\ell_g K_г/K_т$, задаемся шагом дрен ℓ и по этим данным, используя график на рис.1, устанавливаем параметр β. Находим величину βH, где H – мощность слабого слоя, см.

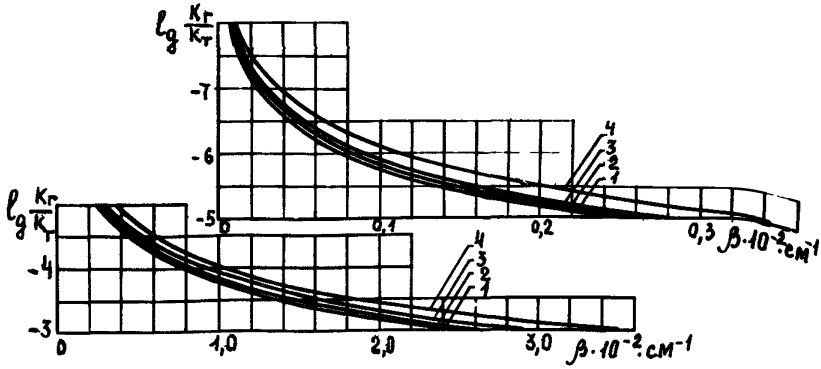


Рис.1. График для определения параметра β:
1– ℓ =2 м; 2– ℓ =1,5 м; 3– ℓ =1 м; 4– ℓ =0,5 м

Определение глубины слоя $z, f(z), T_i^*(z), exp\left[-\frac{8T^*_z(z)}{F(\nu)}\right]$ производим для следующих значений H: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 и 1.

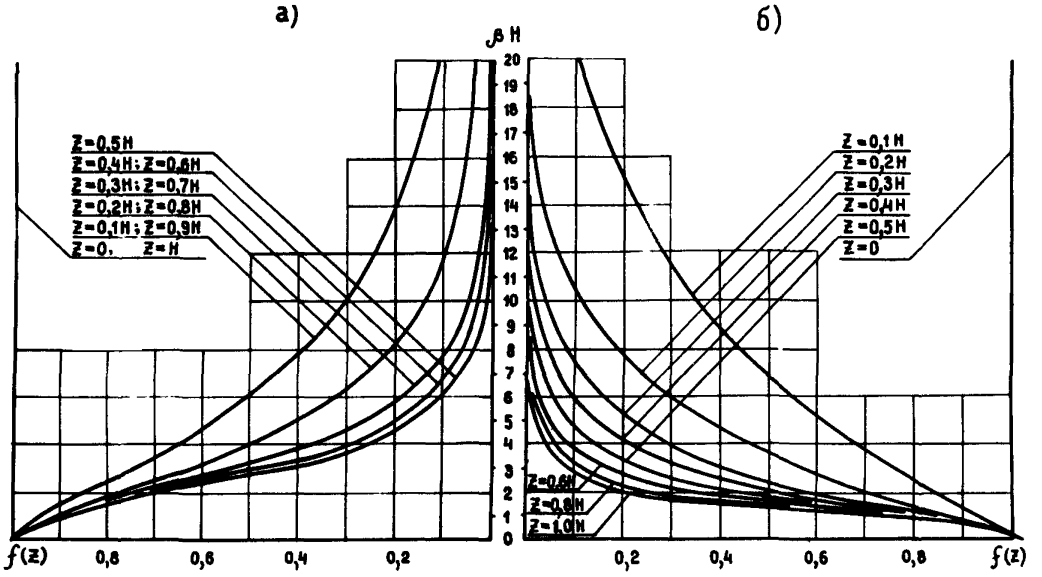


Рис.2. График для определения $f(z)$ при двустороннем (а) и односторонним (б) отводе воды из дрены

Исходя из полученного βH, по графику рис.2 устанавливаем функцию $f(z)$. Далее находим фактор времени T_z по формуле

$$T_z = \frac{C_к t}{365 d_e^2},$$

где $C_к$ – коэффициент консолидации слабого грунта, м2 в год;

t – длительность периода консолидации, сут.

Полученный коэффициент консолидации умножаем на значение $f(z)$ и определяем величину $T_z^*(z)$.

По графику рис.3 находим параметр $exp\left[-\frac{8T_z^*(z)}{F(y)}\right]$.

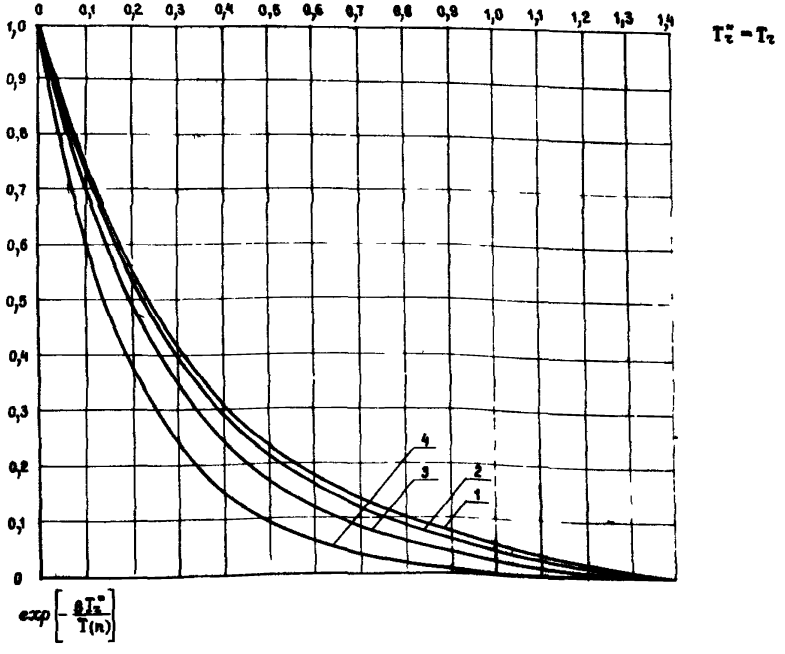


Рис.3. График для определения $exp\left[-\frac{8T_z^*(z)}{F(y)}\right]$:
1–d_e=2 м; 2–d_e=1,5м; 3–d_e=1 м; 4–d_e=0,5 м

Среднюю степень консолидации основания Q_r рассчитываем по формуле

$$Q_r = 1 - \frac{1}{3m}\left\{\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_0)}{F(\nu)}\right] + 4\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_1)}{F(\nu)}\right] + \right.$$
$$+ 2\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_2)}{F(\nu)}\right] + 4\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_3)}{F(\nu)}\right] + \ldots +$$
$$+ 2\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_{i-2})}{F(\nu)}\right] + 4\exp\left[-\frac{8T_r^*(z_{i-1})}{F(\nu)}\right] +$$
$$\left. + \exp\left[-\frac{8T_r^*(z_i)}{F(\nu)}\right]\right\},$$

где m – количество слоев, на которые разбивается слабое основание, $m = 10$;

i – номер слоя.

При наличии горизонтальных дренирующих слоев обычным порядком определяются степень консолидации Q_r за счет вертикальной фильтрации и затем суммарная степень консолидации по формуле

$$Q_{r,v} = 1 - (1 - Q_v)(1 - Q_r),$$

где Q_v – степень вертикальной консолидации основания.

3. Требования к геотекстильным материалам для вертикальных ленточных дрен

3.1. Для устройства вертикальных ленточных дрен применяются нетканые волокнистые геотекстильные материалы толщиной не менее 3 мм при обжатии уплотняющей нагрузкой 0,05 МПа. Этим условиям, как правило, удовлетворяют нетканые иглопробивные полотна, вырабатываемые как из расплава полимера, так и из штапельных волокон (дорнит). Текстильное полотно для ленточных дрен должно обладать долговечностью не

меньше срока службы дрены (обычно 1 год). Волокнообразующий полимер не должен вызывать загрязнения грунтовых вод.

3.2. Текстильный материал для вертикальных ленточных дрен должен отвечать следующим требованиям:

поверхностная плотность по ГОСТ 15902.1-80 (масса 1 $м^2$ материала) должна быть не меньше 500 г / $м^2$ для материалов, не обработанных связующим;

неровнота поверхностной плотности по ГОСТ 159021-80 (отклонение поверхностной плотности от среднего значения по площади полотна) должна быть не более 20%;

ширина полотна и ширина вырезанной из него дрены должны соответствовать расчетным значениям;

длина полотна в рулоне и длина дрены на катушке должны соответствовать конструкции установки для погружения дрен и проектной длине дрен;

толщина полотна по ГОСТ 15902.1-80 должна составлять не менее 5 мм;

разрывное усилие по ГОСТ 15902.3-79 - не менее 30 Н/см;

относительная деформация при разрыве по ГОСТ 15902.3-79 - от 30 до 150%.

Кроме того, текстильный материал для ленточных дрен должен характеризоваться водопроницаемостью в плоскости полотна (продольной водопроницаемостью), сжатого расчетной нормальной нагрузкой; сжимаемостью под расчетной нагрузкой; величиной и структурой пористости.

3.3. Продольная водопроницаемость текстильного полотна измеряется в условиях сжатия его расчетной нормальной нагрузкой, равной боковому давлению, действующему в слабой толще на дрену и возникающему от собственного веса рабочей платформы и бокового давления на глубине середины мощности слабого слоя. Коэффициент фильтрации текстильного полотна должен соответствовать принятому в проекте значению, но быть не меньше 30 м/сут при нагрузке 0,05 МПа.

Коэффициент поперечной фильтрации текстильной дрены определяют в фильтрационном приборе Союздорнии с внутренним диаметром цилиндра 100 мм, пропуская воду через образец геотекстиля, уложенный на перфорированный диск и обжатый штампом до расчетной вертикальной нагрузки. До начала испытания образец должен быть подвержен водонасыщению для полного удаления из него воздуха.

При испытании замеряют объем профильтровавшейся воды, время фильтрации и температуру.

Коэффициент поперечной фильтрации (см/с) определяют по формуле

$$K_T = \frac{V \cdot \delta}{\pi R^2 H t_\varphi \alpha_t},$$

где V – объем профильтровавшейся воды, $см^3$;

δ – толщина образца при расчетной вертикальной нагрузке, см;

R – радиус образца, см;

H – напор, см;

t_φ – время испытания с;

α_t – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10^oC, $\alpha_t = 0{,}7 + 0{,}03\,t$;

t – фактическая температура воды при испытании, ^oC.

Коэффициент продольной или радиальной фильтрации определяют в том же приборе на образце геотекстиля диаметром $D = 2R = 9$ см с внутренним отверстием $d = 2r = 3$ см. Воду пропускают через образец в направлении от центра к периферии. Для этого в приборе на перфорированном диске располагают резиновый диск с отверстием в центре, равным 3 см; на него укладывают образец геотекстиля, а между штампом нагрузочного устройства и образцом геотекстиля размещают второй резиновый диск диаметром 9 см. Методика испытаний ана-

логична предыдущей. Коэффициент продольной фильтрации определяют по формуле

$$K'_т = \frac{V}{H\, t_ф\, \delta\, 2\pi\, \alpha_t} \ln \frac{R}{r}.$$

3.4. Сжимаемость текстильных полотен следует оценивать по ГОСТ 15902.1–80 как отношение толщины полотна под расчетной нагрузкой к его исходной толщине. Сжимаемость текстильных дрен не ограничивают, но обязательно учитывают при оценке размеров сечения дрены при расчетной нагрузке.

3.5. Величина и структура пористости необходимы для оценки фильтрующей способности ленточной дрены и ее кольматации.

4. Конструкция и технология устройства вертикальных ленточных дрен

4.1. Наиболее простая конструкция ленточных дрен-дрены в виде лент из иглопробивного нетканого материала типа дорнит, вертикально погруженные в слабый водонасыщенный грунт. Сечение ленты перед погружением должно быть не менее 100х6 мм, однако при их расчете необходимо учитывать сжатие под действием бокового давления грунта. Такая дрена рассчитывается как обладающая определенным гидравлическим сопротивлением в продольном направлении.

4.2. Возможен вариант дрены, близкой к идеальной, с каналом внутри ее, окруженным фильтром. Независимо от способа образования канала, такая конструкция оказывается гораздо сложнее ленточной текстильной дрены. Дрены этого типа рассчитываются как обладающие гидравлическим сопротивлением в поперечном направлении и идеально проницаемые в продольном направлении.

4.3. Нарезка полос текстильного материала необходимой ширины может выполняться или на предприятии-изготовителе текстильного полотна, или на строительной площадке. В первом случае целесообразно резать материал на полосы шириной 10–20 или 60–80 см с последующей дополнительной резкой в строительной организации. Нарезка полос может выполняться стальными дисковыми ножами или раскаленной проволокой.

4.4. Технология устройства ленточных дрен включает несколько операций: расчистку поверхности основания от кустарника и деревьев на ширину полосы отвода, отсыпку рабочей платформы, разметку сетки дрен, погружение дрен и досыпку насыпи до проектных отметок.

Рабочую платформу отсыпают из песка с головы на всю ширину насыпи понизу. Ее толщина определяется условиями работы и движением машин и составляет обычно 0,5–1 м. Песок уплотняют за несколько проходов колесной или гусеничной техники, а там, где основание достаточно прочно, – уплотняющей машины. На слабых грунтах, залегающих с поверхности, перед устройством рабочей платформы на всю ширину ее поверхности может быть уложено текстильное полотно. На спланированной поверхности рабочей платформы делают разбивку поля дрен с обозначением их центров колышками. Продольные и поперечные ряды дрен закрепляют на краю рабочей платформы или на опорных поперечниках.

4.5. Процесс погружения дрен состоит из следующих операций: заправки дрен в обсадную трубу, ее погружения и извлечения, обрезки дрены, переезда на новую точку, смены катушки с дреной, стыковки дрен с разных катушек (рис.4).

4.6. Заправку дрены в обсадную трубу выполняют один раз для всего участка с помощью проволоки, продеваемой в трубу. Дрену зацепляют за конец проволоки и протягивают сквозь трубу. Конец дрены оборачивают вокруг якоря и вновь заправляют в трубу.

4.7. Обсадная труба для погружения ленточных дрен выполняется либо круглой со сплюснутым нижним концом, либо коробчатого сечения, сваренной из швеллеров. Размеры трубы должны обеспечивать возможность погружения дрен и определяются преимущественно условием жесткости трубы при ее погружении сквозь прочные насыпные грунты и прослойки в слабой толще. Длина трубы должна быть равна проектной длине дрен с запасом около 1 м.

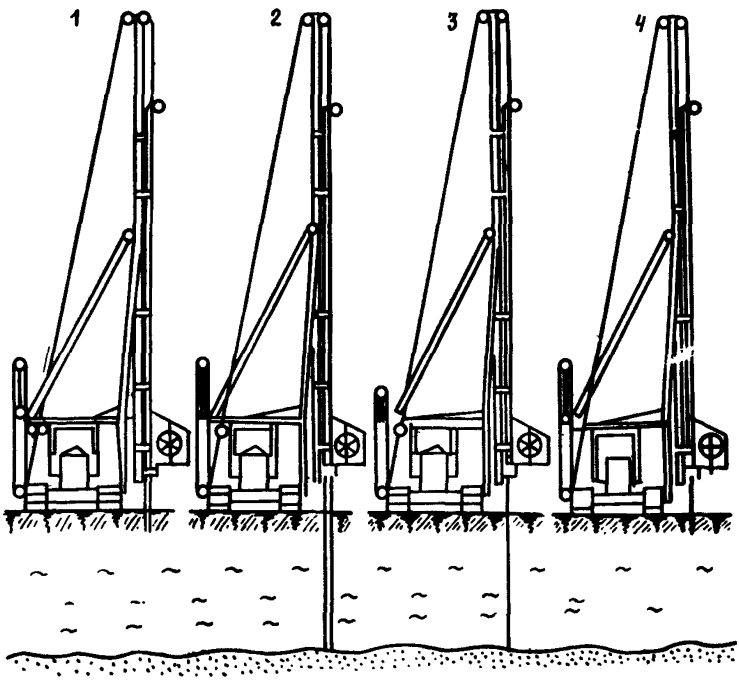


Рис.4. Технология погружения дрены:
1-заправка дрены в обсадную трубу и установка якоря; 2-погружение обсадной трубы с дреной; 3-извлечение обсадной трубы; 4-начало погружения следующей дрены

4.8. Погружение обсадной трубы ведется равномерно, подъемы, даже кратковременные, недопустимы. По достижении заданной отметки начинают извлечение трубы из грунта, контролируя визуально сматывание дрены с катушки. После полного выхода трубу поднимают над уровнем земли на 30 см, обрезают дрену ножницами, оставляя конец около 20 см. Выходящий из трубы отрезок дрены стопорят якорем, заправляют в трубу и перемещают на новую точку.

После того как дренажная лента на катушке кончилась, последнюю снимают и заменяют новой. Конец ленты соединяют с началом ленты на второй катушке. Соединение осуществляется внахлест сшивкой нитками, проволокой или скобками.

Ход работ по погружению дрен обязательно фиксируется в журнале производства работ с указанием места, глубины погружения, характеристики материала, шага дрен.

4.9. Для погружения обсадной трубы может быть использована любая техника, предназначенная для погружения свай ударной, вибрационной или статической нагрузкой. В частности, для этих целей можно использовать установку СП-49 и сваебойный агрегат С-878, которые дополнительно оснащаются обсадной трубой и катушками для дрен. В варианте с базовым агрегатом С-878 используют навесное оборудование с установкой катушек на трубе; в установке СП-49 катушка крепится к раме базовой машины.

Дрены доставляются на строительную площадку на инвентарных катушках. Длина дрены на катушке 100 м, масса - 6 кг.

4.10. Средняя продолжительность цикла погружения дрен, по данным хронометража, составляет 2,7 мин при трудозатратах 5,4 чел.-мин, опускания обсадной трубы - 48-57 с, подъема - 43-50 с, заправки якоря - 20-43 с, переезда на новую точку - 7-17 с.

4.11. Работы по устройству вертикальных ленточных дрен относятся к скрытым и подлежат оформлению в актах, где отмечают глубину и шаг дрен, вид и характеристики геотекстильного полотна, толщину рабочей платформы и дренирующую способность слагающего ее грунта.

4.12. На участках насыпей с дренами необходимо установить наблюдение за фактическим ходом осадки во времени с целью уточнить момент устройства покрытия. Наблюдения ведутся с помощью поверхностных и глубинных марок общеизвестных конструкций. Периодичность нивелировок марок - 1 раз в неделю в течение первых двух месяцев, далее - 1 раз в две недели. Затраты на организацию наблюдений и послепостроечные изыскания (если они необходимы) должны быть включены в смету строительства.

5. Технико-экономические показатели

5.1. Технико-экономическая эффективность применения вертикальных ленточных дрен определяется на основе их сопоставления с песчаными дренами по себестоимости. Для расчетов длина дрен принята 12 м, производительность погружающего оборудования для ленточных дрен - 75 шт. в смену (см.таблицу).

5.2. Расчет технико-экономической эффективности применения ленточных дрен производится согласно СН 509-78 на 1 км дороги и заключается в определении эффекта от устройства ленточных дрен взамен песчаных.

Применение ленточных дрен позволяет отказаться от устройства дрен из привозных песчаных грунтов, повышает темпы строительства и уменьшает трудозатраты и материалоемкость. В качестве эталона принято устройство песчаных дрен с показателями, приведенными в таблице. Для строительства 1 км дороги при $h_{м}$=

Показатель	Значение показателя для устройства дрены	
	песчаной	ленточной
Стоимость материала, руб.	7,34	4,06
Основная заработная плата, руб.	7,30	0,06
Амортизационные отчисления 0,1%, руб.	–	0,30
Стоимость эксплуатации машин и механизмов, руб.	18,60	0,36
Накладные расходы, руб.	1,24	0,03
Трудоемкость, чел.-дн.	0,25	0,03

= 3 м требуется 3006 песчаных дрен или 11339 ленточных. Шаг песчаных дрен - 3 м, ленточных - 1,5 м.

Расчет экономической эффективности $Э$ производится по формуле

$$Э=[(З_1+З_{c_1})\varphi+Э_э-(З_2+З_{c_2})]A_2,$$

где $З_1$ и $З_2$ – затраты на изготовление конструкций, руб. В данном расчете приняты равными нулю, так как они учтены в стоимости строительства;

$З_{c_1}$ – стоимость строительства 1 км традиционной конструкции, руб., $З_{c_1}=3006 \cdot 34,48=103646,88$;

$З_{c_2}$ – стоимость строительства 1 км конструкции с текстильной дреной, руб., $З_{c_2}=11339 \cdot 4,81=54540,59$;

φ – коэффициент учета изменения сроков службы конструкции, $\varphi = 1$;

$Э_э$ – экономия в сфере эксплуатации, $Э_э = 0$;

A_2 – годовой объем строительства, км; $A_2 = 1$, так как расчет ведется на 1 км дороги.

Таким образом, экономический эффект на 1 км дороги составит $Э = З_{c_1} - З_{c_2} = 103646,88 - 54540,59 = 49106,29$ руб.

Примеры расчета сроков осадки насыпей с вертикальными ленточными дренами

Пример 1

Определить степень консолидации Q_z слоя ила мощностью 8 м через 2 мес после приложения нагрузки. Ленточные дрены располагаются по квадратной сетке с шагом $\ell = 1{,}5$ м. Слой ила подстилается водоупором. Коэффициент консолидации ила при продольной фильтрации $C_к = 5$ м^2 в год, коэффициент фильтрации грунта в радиальном направлении $K_г = 6 \cdot 10^{-5}$ см/с, коэффициент фильтрации дрены в уплотненном состоянии $K_т = 0{,}14$ см/с.

Решение.

Находим $\frac{K_г}{K_т} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{0{,}14} = 4{,}26 \cdot 10^{-4}$; $lg \frac{K_г}{K_т} = 3{,}37$.

По графику рис.1 для данного ℓ определяем $\beta = 1{,}67 \cdot 10^{-2}$ см$^{-1}$.

Находим $\beta H = 1{,}67 \cdot 10^{-2} \cdot 800 = 13{,}36$.

Определяем фактор времени T_z:

$$T_z = \frac{5 \cdot 60}{365 \cdot 1{,}575^2} = 0{,}33.$$

Приступаем к заполнению табл.1, в которой данные для графы 2 берем из графика рис.2, а для графы 4 – рис.3.

Средняя степень консолидации при радиальной фильтрации

$$Q_z = 1 - \frac{1}{3 \cdot 10}(0{,}45 + 4 \cdot 0{,}76 + 2 \cdot 0{,}97 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 1) = 1 - \frac{1}{30}(0{,}45 + 3{,}04 + 1{,}94 + 23) = 1 - 0{,}95 = 0{,}05.$$

Таблица 1

z	$f(z)$	$T_z^*(z)=T_z f(z)$	$exp\left[-\frac{8T_z^*(z)}{F(v)}\right]$
1	2	3	4
0,0H	1,000	0,33	0,45
0,1H	0,230	0,08	0,76
0,2H	0,040	0,01	0,97
0,3H	0,010	0,00	1,00
0,4H	0,005	0,00	1,00
0,5H	0,000	0,00	1,00
0,6H	0,000	0,00	1,00
0,7H	0,000	0,00	1,00
0,8H	0,000	0,00	1,00
0,9H	0,000	0,00	1,00
1,0H	0,000	0,00	1,00

Пример 2

Определить время уплотнения слабого водонасыщенного основания мощностью 10 м до степени консолидации 0,9. Ленточные дрены расположены по квадратной сетке с шагом 0,5 м. Основание подстилается дренирующим слоем. Коэффициент консолидации слабого грунта при радиальной фильтрации $C_к = 0,5$ м^2 в год, $K_г = 6 \cdot 10^{-9}$ см/с.

Решение.

$$\frac{K_г}{K_т} = \frac{6 \cdot 10^{-9}}{0,14} = 4,29 \cdot 10^{-8}; \lg \frac{K_г}{K_т} = -7,37.$$

По графику рис.1 при $l = 0,5$ м $\beta = 0,023 \cdot 10^{-2}$ см$^{-1}$. Определяем $\beta H = 0,23$.

Задаемся временем 90%-ной консолидации основания $t_{90} = 120$ сут и определяем фактор времени:

$$T_z = \frac{0,5 \cdot 120}{365 \cdot 0,276} = 0,6.$$

Заполняем графы 3 и 4 табл.2 и рассчитываем среднюю степень консолидации:

$$Q_t = 1 - \frac{1}{30}(0{,}02+0{,}08+2\cdot0{,}12+4\cdot0{,}14+2\cdot0{,}16+4\cdot0{,}18 +$$

$$+2\cdot0{,}16+4\cdot0{,}14+2\cdot0{,}12+4\cdot0{,}08+0{,}02) = 1 - \frac{3{,}64}{30} = 0{,}88.$$

Таблица 2

z	f(z)	$T_v^*(z)$	$\exp\left[-\frac{8T_v^*(z)}{F(v)}\right]$	$T_v^*(z)$	$\exp\left[-\frac{8T_v^*(z)}{F(v)}\right]$
1	2	3	4	5	6
0,0H	1,00	0,60	0,02	0,64	0,03
0,1H	0,82	0,49	0,08	0,52	0,07
0,2H	0,72	0,43	0,12	0,46	0,09
0,3H	0,66	0,40	0,14	0,42	0,11
0,4H	0,62	0,37	0,16	0,40	0,14
0,5H	0,58	0,35	0,18	0,37	0,16
0,6H	0,62	0,37	0,16	0,40	0,14
0,7H	0,66	0,40	0,14	0,42	0,11
0,8H	0,72	0,43	0,12	0,46	0,09
0,9H	0,82	0,49	0,08	0,52	0,07
1,0H	1,00	0,60	0,02	0,64	0,03

Примечание. Показатели граф 3 и 4 при времени консолидации 120 сут, 5 и 6 – 130 сут.

Повторно задаемся временем 90%-ной консолидации основания t_{90} = 130 сут (графы 5 и 6 табл.2) и проводим корректировочный расчет при

$$T_t = \frac{0{,}5\cdot130}{365\cdot0{,}276} = 0{,}64:$$

$$Q_t = 1 - \frac{1}{30}(2\cdot0{,}03+2\ 4\cdot0{,}07+2\ 2\cdot0{,}09+2\cdot4\cdot0{,}11+$$

$$+2\cdot2\ 0{,}14+4\cdot0{,}16) = 0{,}9.$$

Содержание

Предисловие 3

1. Общие положения 5

2. Проектирование вертикальных ленточных дрен 6

3. Требования к геотекстильным материалам для вертикальных ленточных дрен 13

4. Конструкции и технология устройства вертикальных ленточных дрен , ... 16

5. Технико-экономические показатели 20

Приложение 22

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Ответственный за выпуск инж. Е.И.Эппель.

Редакторы И.Е.Тарасенко, Ж.П.Иноземцева
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор М.Я.Жукова

Подписано к печати 25.03.87. Л 77255. Формат 60x84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. 1,0 уч.-изд.л. 1,4 печ.л. Тираж 800 экз. Заказ 61-7. Цена 15 коп.

gost.e-ecolog.ru

Участок оперативной полиграфии Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79