НИИОСП

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДПОСТРОЕЧНОМУ УПЛОТНЕНИЮ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН

gost.e-ecolog.ru

МОСКВА - 1985

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДПОСТРОЕЧНОМУ УПЛОТНЕНИЮ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН

МОСКВА 1985

УДК 624.138.34

В Рекомендациях рассмотрены основные вопросы, связанные с применением ленточных дрен для ускорения консолидации слабых водонасыщенных грунтов.

Описаны конструкции ленточных дрен и их технико-экономические показатели, а также конструкции и технические характеристики оборудования для изготовления и погружения дрен.

Изложены требования к инженерно-геологическим испытаниям грунтов при определении расчетных характеристик для проектирования и предпостроечного уплотнения слабых грунтов.

Приведены формулы для расчета конечной осадки и степени консолидации уплотненных грунтов с вертикальными ленточными дренами.

Опытное внедрение ленточных дрен в 1980-1984 гг. позволило сэкономить более 300 тыс.руб.

Рекомендации разработаны: д-ром техн.наук А.С.Строгановым, кандидатами техн.наук Е.В.Светинским, А.В.Бредневым, инж.М.С.Гайдай при участии канд.техн.наук Б.В.Баходина (НИИ оснований и подземных сооружений) и инж. Г.Б.Чижевского (трест "Калининградоргтехстрой" Минстроя СССР).

Рекомендации одобрены Научно-техническим советом НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова.

Рекомендации составлены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, использующих при строительстве предпостроечное уплотнение слабых водонасыщенных грунтов с применением вертикальных ленточных дрен.

Все замечания и предложения по Рекомендациям просьба направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6, НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М. Герсеванова.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М. Герсеванова, 1985

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Рекомендации составлены в развитие главы СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений"(раздел 2,5).

I.2. Настоящие рекомендации предназначены для проектирования и производства работ по предпостроечному уплотнению оснований, сложенных слабыми грунтами в водонасыщенном (G =0, 85) состоянии, временной нагрузкой с применением дрен заводского изготовления. К слабым грунтам относятся грунты малой степени литификации, т.е. глинистые отложения в начальной стадии формирования (илы, сапропели, ленточные глины и суглинки, текучепластичные глинистые грунты) и грунты, образовавшиеся в условиях переменного режима увлажнения (торф, заторфованный грунт).

I.3. Предпостроечное уплотнение производится в тех случаях, когда по результатам расчетов естественные основания не удовлетворяют требованиям главы СНиП 2.02.01-83, а применение свайных фундаментов либо других способов инженерной подготовки площадки строительства (например выторфовка с заменой минеральным грунтом и др.) оказывается неэффективным в технико-экономическом отношении.

П р и м е ч а н и е . Для технико-экономического сравнения проектных вариантов фундирования можно использовать "Методические рекомендации. Выбор рациональных конструкций свайных фундаментов жилых зданий, возводимых на слабых грунтах Ленинграда" (Ленинград, ЛенНИИпроект, 1977).

I.4. Предпостроечное уплотнение рекомендуется применять при строительстве сооружений, имеющих развитую площадь опирания на грунт, - резервуаров, элеваторов, зданий на фундаментных плитах, полов промышленных сооружений с большими эксплуатационными нагрузками и т.п. Причем в качестве конструктивных схем зданий и сооружений могут быть приняты любые, в том числе особо чувствительные к неравномерным осадкам.

Фундаментные конструкции этих сооружений следует рассчитывать с учетом значительно пониженной деформируемости и повышенной прочности оснований, обеспеченных предпостроечным уплотнением.

I.5. Ленточные дрены рекомендуется применять также для ускорения процесса уплотнения указанных грунтов при инженерной подготовке территорий намывом или подсыпкой. Ускорение уплотнения слабых оснований при инженерной подготовке территорий рекомендуется применять в

целях обеспечения надежности коммуникаций, жестких дорожных покрытий, а также для снятия отрицательных сил трения со свайных фундаментов существующих сооружений.

I.6. Ленточные дрены рекомендуется использовать при наличии в основании слоя слабых грунтов толщиной более 3 м. Возможно также уплотнение временной нагрузкой основания большей толщины без применения дрен. Выбор варианта уплотнения определяется на основе технико-экономических расчетов и сроков строительства. Максимальная глубина уплотнения устанавливается в процессе проектирования на основе данных инженерно-геологических изысканий и требований к предельным осадкам сооружений после предпостроечного уплотнения в соответствии с главой СНиП 2.02.01-83.

П р и м е ч а н и е. При выборе вариантов устройства основания рекомендуется также рассматривать возможность замены слабых грунтов (выторфовки). При этом следует предусматривать обязательный открытый водоотлив или глубинное водопонижение в целях контроля качества выторфовки.

I.7. Уплотнение слабых оснований с применением ленточных дрен производится в соответствии с рабочим проектом и проектом производства работ при постоянном контроле качества уплотнения.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПОСТРОЕЧНОГО УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДРЕН

2.I. Инженерно-геологические исследования

2.I.I. Инженерно-геологические исследования оснований, сложенных слабыми грунтами, должны проводиться в соответствии с требованиями главы СНиП П-9-78 "Инженерные изыскания для строительства", государственных стандартов и других нормативных документов по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов для строительства.

2.I.2. Объем инженерно-геологических исследований грунтов оснований должен быть достаточным для всестороннего рассмотрения любых возможных вариантов фундирования. Назначение числа испытаний и количество образцов определяются в соответствии с требованиями глав СНиП 2.02.01-83, СНиП П-17-77 "Свайные фундаменты" и СНиП П-9-78.

2.I.3. Дополнительно должны быть определены для каждого практически однородного слоя грунта:

коэффициенты консолидации C_v и C_z при фильтрации поровой воды в вертикальном и горизонтальном направлениях, т.е. поперек и вдоль слоистости;

компрессионные свойства грунтов при первичном и вторичном нагружениях и соответствующих разгрузках - декомпрессии.

2.I.4. Компрессионные исследования грунтов следует проводить в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 23908-79. "Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости"(М., Изд-во стандартов, I980).

Ветви первичного нагружения компрессионных испытаний следует обрабатывать в виде:

$$e = a + b\exp(-cq), \qquad (I)$$

где a, b и c - параметры осредненной компрессионной кривой;

e - коэффициент пористости, соответствующий заданной нагрузке q;

exp - экспоненциальная функция ($-cq$).

Для нахождения параметров компрессионной кривой выражение (I) логарифмируется:

$$\ln(e-a) = \ln b - cq \qquad (2)$$

и выравнивается способом наименьших квадратов. Для определения параметра a выбираются значения q_1, q_2 и $q_3 = I/2\,(q_1 + q_2)$, где q_1 и q_2 - заданы произвольно, и соответствующие им e_1, e_2 и e_3. Это позволяет получить

$$a = \frac{e_1 \cdot e_2 - e_3^2}{e_1 + e_2 - 2e_3}. \qquad (3)$$

Параметры b и c определяют по формулам:

$$\ln b = \frac{\sum q_n^2 \sum \ln(e_n-a) - \sum q_n \sum q_n \ln(e_n-a)}{n\sum q_n^2 - (\sum q_n)^2}; \qquad (4)$$

$$-c = \frac{n\sum q_n \ln(e_n-a) - \sum q_n \sum \ln(e_n-a)}{n\sum q_n^2 - (\sum q_n)^2}, \qquad (5)$$

где q_n и e_n - соответствующие осредненные значения, полученные при компрессионных испытаниях, n - число экспериментальных точек.

Значение b определяется по таблицам натуральных логарифмов.

2.I.5. Коэффициенты консолидации C_v и C_z рекомендуется определять путем обработки кривой консолидации по методу Тейлора - "квадратный корень из времени". Кривая консолидации строится по данным испытаний грунта ненарушенной структуры в компрессионном приборе под постоянным заданным давлением. Отбор образцов с ненарушенной структурой для проведения компрессионных и консолидационных испытаний следует проводить в соответствии с ГОСТ I207I-66. "Грунты. Отбор, упаковка, хранение и транспортирование образцов"(М., Изд-во стандартов, I967).

Перед испытанием образцы грунта малой степени литификации уплотняются нагрузкой, эквивалентной природной ("структурная прочность"), которая соответствует началу сжатия образца в компрессионном приборе и определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 23908-79. "Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости" (М., Изд-во стандартов, I980).

После приложения нагрузки, эквивалентной природной, образцы выдерживаются до условной стабилизации (0,0I мм за I2 ч наблюдений) под этой нагрузкой.

Опыты для определения коэффициентов консолидации рекомендуется проводить при одной ступени нагрузки (сверх эквивалентной природной), равной временной нагрузке, принятой для предпостроечного уплотнения основания, и прикладываемой мгновенно. Величины сжатия грунта после приложения этой нагрузки рекомендуется записывать через 5,I5,30 сек; I,2,3,5,I0,I5,30 и 60 мин, далее через I ч в течение рабочего дня и затем два раза в сутки.

Для определения C_v или C_z строится кривая консолидации в системе координат Δh и $\sqrt{t}$, где Δh - осадка (сжатие) образца грунта в мм; а t - время в мин, соответствующее данной осадке (рис.I). На полученном графике проводится прямая, совпадающая с практически прямолинейным участком кривой консолидации. Пересечение этой прямой с осью ординат дает точку А, из которой проводится вторая прямая АС с абсциссами, равными I,I5 абсцисс первой прямой. Точка пересечения второй прямой В с экспериментальной кривой дает $\sqrt{t_{90}}$, соответствующее 90% степени консолидации.

Коэффициенты консолидации C_v и C_z определяют по формуле:

$$C_v, C_z = \frac{0,848H^2}{t_{90}}, \qquad (6)$$

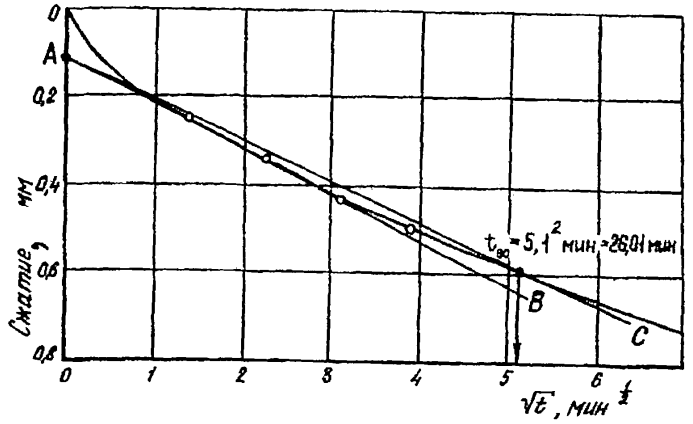

Рис.I. График для определения коэффициента консолидации

где T_{90} = 0,848- фактор времени по Тейлору, соответствующий 90% степени консолидации;

t_{90} - экспериментальное время, соответствующее 90% степени консолидации и найденное по методу Тейлора;

H - половина начальной толщины образца в компрессионном приборе (одометре) при двухсторонней фильтрации. Пример определения коэффициента консолидации дан в прил.I.

2.I.6. В целях определения способа погружения дрен в грунт (вдавливанием, вибровдавливанием или вибрацией обсадной иглы) и уточнения границ расположения слоев слабого грунта рекомендуется использовать статическое зондирование (ГОСТ 20069-81. "Грунты. Метод полевого испытания статическим зондированием". М., Изд-во стандартов, I98I). Оборудование для статического зондирования грунта может быть выбрано по прил.2 в зависимости от требуемой глубины погружения дрен.

2.I.7. Для определения изменения прочностных характеристик грунта до и после уплотнения рекомендуется его испытывать методом вращательного среза (ГОСТ 2I7I9-80. "Грунты. Методы полевых испытаний на срез в скважинах и в массиве". М., Изд-во стандартов, I980) или статическим зондированием (см.п.2.I.6).

2.2. Требования, предъявляемые к проекту предпостроечного уплотнения

2.2.1. Проектирование предпостроечного уплотнения оснований проводится в одну стадию, причем прежде всего устанавливается целесообразность предпостроечного уплотнения на основе вариантного проектирования.

Данные, полученные при проведении испытаний грунтов (зондированием и методом вращательного среза) после уплотнения, используются для корректировки проекта фундаментных конструкций.

2.2.2. При проектировании инженерной подготовки территории устанавливается необходимость применения дрен.

2.2.3. В проекте предпостроечного уплотнения грунтов основания сооружения должны быть указаны:

а) величина временной нагрузки;

П р и м е ч а н и е. Временная нагрузка может превышать эксплуатационную в целях ускорения сроков консолидации или уменьшения осадок сооружений;

б) форма и размеры временной нагрузочной насыпи, которые должны соответствовать по верху форме и размерам фундаментной плиты или сооружения в плане, причем откосы насыпи следует определять в соответствии с действующими нормативными документами по расчету устойчивости откосов, основанием которых служат слабые грунты в нестабилизированном состоянии;

в) план расположения дрен (в вершинах квадратов или равносторонних треугольников) с указанием расстояния между их осями и план расположения поверхностных и глубинных марок или приборов других систем для измерения осадок основания; шаг дрен устанавливается расчетом на основании заданного времени при степени консолидации основания, равной 90% (см.2.4);

г) разрезы по уплотняемому основанию с указанием его геологического строения с нанесенными на них дренами, причем допускается отметку низа дрены назначать на глубине не менее 90% величины толщи слабого грунта при наличии дренирующего подстилающего слоя;

П р и м е ч а н и е. При значительных толщах слабых грунтов, деформационные свойства которых, как правило, с глубиной улучшаются, и отсутствии подстилающего дренирующего слоя глубина погружения дрен может назначаться с таким расчетом, чтобы при эксплуатации сооруже-

ния его осадки, состоящие из осадок предварительно уплотненного, дренированного слоя и недренированного слоя, который практически не обжимается (вследствие краткости времени), не превышали предельных;

д) расчетная конечная осадка от временной нагрузки насыпи, а также величина упругого подъема основания после снятия нагрузки, определяемые по ветвям нагрузки и разгрузки компрессионных кривых;

е) модуль деформации основания, определяемый по ветви вторичного нагружения основания, необходимый для вычисления вероятной осадки сооружения и расчета фундаментных плит, днищ резервуаров и т.п. на стадии проекта;

ж) схема производства работ по погружению дрен, устройству и снятию временной насыпи с указанием необходимого оборудования и календарный план производства работ. Проект должен содержать пояснительную записку с расчетами и технологическими схемами.

2.2.4. В проекте инженерной подготовки территории должен указываться объем песка для планировки территории с учетом необходимого строительного подъема в соответствии с указаниями п.2.3.4.

2.2.5. При проектировании следует учитывать осадку территории, окружающей площадку, где уплотняется грунт, во избежание развития недопустимых осадок существующих зданий, расположенных вблизи уплотняемого основания.

2.3. Расчет конечных осадок оснований насыпей при предпостроечном уплотнении и инженерной подготовке территорий

2.3.1. Для определения осадок оснований, сложенных слабыми грунтами, при их предпостроечном уплотнении или при инженерной подготовке территорий рекомендуется пользоваться в качестве расчетной схемы условием вертикального сжатия без возможности бокового расширения и данными компрессионных испытаний.

2.3.2. Определение конечных осадок и их протекание во времени рекомендуется производить по вертикалям, задаваемым в процессе проектирования уплотнения основания или инженерной подготовки территории в зависимости от степени однородности геологического строения, свойств грунтов, толщины насыпей и других факторов.

2.3.3. Конечная осадка основания, состоящего из i -слоев, определяется по формуле:

$$S_\infty = \sum_1^i \Delta h_i \,, \qquad (7)$$

где Δh_i - конечное сжатие каждого практически однородного слоя, слагающего основание, определяется по формуле:

$$\Delta h_i = \left[1 - \exp(-c_i \bar{q})\right] \frac{1}{c_i (\gamma_{wi} - \Delta)} \times$$

$$\times \ln \frac{1 + \frac{b_i}{1 + a_i} \exp(-c_i p_i)}{1 + \frac{b_i}{1 + a_i} \exp\left[-c_i \left[p_i + (\gamma_{wi} - \Delta) h_i\right]\right]} \qquad (8)$$

где Δ - объемный вес воды;

$\bar{q}$ нагрузка от насыпи, окружающей основание;

p_i - природное давление на кровле рассматриваемого i-го слоя;

γ_{wi} - объемный вес грунта i-го слоя в водонасыщенном состоянии (без учета взвешивающего действия воды);

h_i - толщина рассматриваемого i-го слоя;

a_i, b_i, c_i - параметры компрессионной кривой (см.рис.I) i-го слоя грунта.

Примечание. Формула (8) учитывает природное давление в каждой точке основания, которое не вызывает сжатия слоя.

Нагрузка $\bar{q}$ от насыпи, окружающей основание, определяется приближенно, исходя из конечной осадки насыпи, по формуле:

$$\bar{q} = (h_o - h_в)(\gamma_{wн} - \Delta) + h_в \gamma_н \,, \qquad (9)$$

где h_o - толщина слоя насыпи;

$h_в$ - глубина уровня воды от поверхности насыпи;

$\gamma_{wн}$ - объемный вес грунта насыпи в водонасыщенном состоянии;

$\gamma_н$ - объемный вес грунта насыпи природной влажности.

При отсутствии воды на поверхности основания нагрузка $\bar{q}$ определяется по формуле:

$$\bar{q} = h_o \gamma_н \,. \qquad (10)$$

2.3.4. Толщину слоя насыпи h_o, служащую для планировки территории, следует определять, полагая толщу слабых грунтов однородной, путем решения трансцендентного уравнения методом итераций:

$$h_o = \left\{1 - \exp\left[-\bar{c}(h_o - h_в)(\gamma_{wн} - \Delta) - \bar{c} h_в \gamma_н\right]\right\} \frac{1}{\bar{c}(\gamma_w - \Delta)} \times$$

$$\ln \frac{1+\frac{\bar{b}}{1+\bar{a}}}{1+\frac{\bar{b}}{1+\bar{a}}\exp[-\bar{c}(\bar{\gamma}_w-\Delta)H]}+h_c, \qquad (11)$$

где параметры компрессионной кривой $\bar{a}$, $\bar{b}$ и $\bar{c}$, а также $\bar{\gamma}_w$ принимаются средневзвешенными для всей толщи обжимаемых слабых грунтов:

$$\bar{a}=\frac{\sum_1^i a_i h_i}{H};\ \bar{b}_i=\frac{\sum_1^i b_i h_i}{H};\ \bar{c}=\frac{\sum_1^i c_i h_i}{H};\ \bar{\gamma}_w=\frac{\sum_1^i \gamma_{wi} h_i}{H};$$

h_c - расстояние от поверхности планировки до отметки дневной поверхности перед отсыпкой насыпи;

H - толщина всего слоя слабых грунтов.

Значения h_c и $h_в$ определяются в соответствии с требованиями, обусловленными проектом инженерной подготовки территории.

Решение уравнения (11) может производиться графоаналитическим методом. Пример решения дан в прил.3.

2.4. Методы расчета консолидации оснований без дрен и с ленточными дренами

2.4.1. Уплотнение слабого основания временной нагрузкой с применением вертикальных дрен происходит за счет отжатия поровой воды в дрены и дренирующие слои.

2.4.2. Вертикальные дрены следует доводить до дренирующего слоя или практически несжимаемого водоупора. Дрены следует располагать в плане по треугольной или квадратной сетке, которая дает сотовую или квадратную формы зон влияния (рис. 2).

Зоны влияния дрен следует заменить круговыми с эквивалентными диаметрами, соответственно равными:

$$d_e=1{,}05\,d, \qquad (12)$$

$$d_e=1{,}13\,d, \qquad (13)$$

где d - расстояние между осями дрен (шаг дрен).

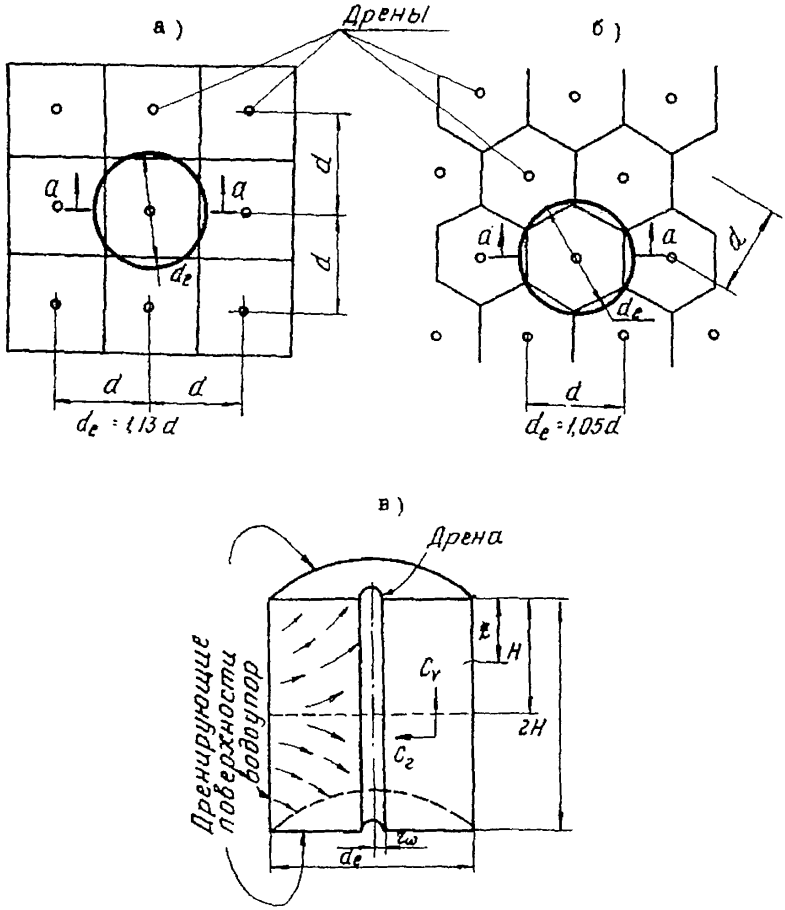

Рис.2. Расчетные схемы консолидации оснований с вертикальными дренами:

а - расположение дрен по квадратной сетке;

б - расположение дрен по треугольной (триангулярной) сетке;

в - сечение а-а

Примечания: Для расчетов консолидации поверхность цилиндра d_e, ограничивающая зону влияния дрены, принимается водонепроницаемой. Водопроницаемость ленточных дрен зависит от их конструкции: ленточные дрены из нетканого материала рассматриваются как идеально водопроницаемые в поперечном направлении и обладают гидравлическим сопротивлением в продольном направлении; комбинированные дрены с фильтрующей оболочкой из простой бумаги рассматриваются как идеально водопроницаемые в продольном направлении и обладающие гидравлическим сопротивлением в поперечном направлении; комбинированные дрены с фильтрующей оболочкой из синтетической бумаги марки ФПС рассматриваются как идеально водопроницаемые в продольном и поперечном направлениях.

2.4.3. В приводимых методах расчета консолидации оснований коэффициенты консолидации C_v и C_r следует принимать различными по величине, но постоянными во всей области уплотнения. Для расчета многослойного основания рекомендуется использовать приведенные коэффициенты консолидации, определяемые по следующим формулам:

$$C_{v(2H)} = \frac{(2H)^2}{\left[\Sigma\left(h_i/\sqrt{C_{vi}}\right)\right]^2}, \qquad (14)$$

где $C_{v(2H)}$ – коэффициент консолидации при вертикальном фильтрационном потоке во всей консолидируемой области при двухстороннем дренировании;

$2H$ – толщина многослойного основания;

h_i – толщина i-го слоя;

C_{vi} – коэффициент консолидации i-го слоя;

$$C_{v(H)} = \frac{H^2}{\left[\Sigma\, h_i/\sqrt{C_{vi}}\right]^2}, \qquad (15)$$

где $C_{v(H)}$ – коэффициент консолидации при вертикальном фильтрационном потоке во всей консолидируемой области при одностороннем дренировании;

H – толщина многослойного основания, а остальные обозначения имеют прежний смысл;

$$C_{r(2H)} = \frac{\Sigma\, h_i C_{ri}}{2H}, \qquad (16)$$

где $C_{r(2H)}$ – коэффициент консолидации при радиальном фильтрационном потоке во всей консолидируемой области $2H$;

C_{vi} - коэффициент консолидации i-го слоя.

Примечание. При одностороннем дренировании в формулу (16) вместо $2H$ подставляется толщина дренируемого слоя H.

Определение C_{vi} и C_{vi} производится в соответствии с указаниями п.2.1.5 как среднеарифметических величин для каждого практически однородного слоя.

2.4.4. Для расчета консолидации основания без дрен, что соответствует одномерной задаче теории консолидации, когда фильтрационный поток вертикален, степень консолидации Q_v при увеличении нагрузки по линейному закону $q = \alpha t$ до значения $\bar{t}$, после которого нагрузка остается постоянной ($\bar{q} = \alpha \bar{t}$), определяется по формулам:

при $T_v \le \bar{T}_v$

$$Q_v = 1 - \frac{1}{T_v}\left[\frac{1}{3} - \frac{32}{\pi^4}\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{(2n+1)^4}\exp\left[\frac{-(2n+1)^2\pi^2}{4}T_v\right]\right], \quad (17)$$

при $T_v \ge \bar{T}_v$

$$Q_v = 1 - \frac{1}{T_v}\frac{32}{\pi^4}\sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{1}{(2n+1)^4}\left\{\exp\left[\frac{-(2n+1)^2\pi^2}{4}(T_v - \bar{T}_v)\right] - \exp\left[\frac{-(2n+1)^2\pi^2}{4}T_v\right]\right\}, \quad (18)$$

где $T_v = \frac{C_v}{H^2}t$ и $\bar{T}_v = \frac{C_v}{H^2}\bar{t}$ - факторы времени, соответствующие любому заданному времени t и времени прекращения возрастания нагрузки $\bar{t}$, определяемому графиком производства работ.

Коэффициент возрастания нагрузки α определяется приближенно исходя из нагрузки $\bar{q}$, определяемой по формуле (9).

Протекание осадки основания во времени определяется по формуле:

$$S_t = Q_v S_\infty, \quad (19)$$

где S_∞ - конечная осадка, определяемая по формуле (7),

Q_v - степень консолидации, определяемая формулами (17) и (18).

Для расчета консолидации рекомендуется пользоваться табл.1 и графиком (рис.3) на основании формул (17) и (18) в безразмерных переменных.

Пример расчета времени консолидации приведен в прил.4.

2.4.5. Для предварительных расчетов времени консолидации осно-

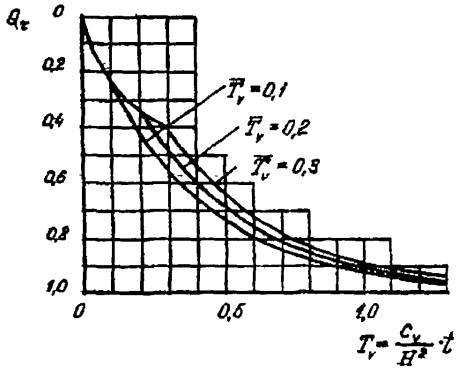

Рис. 3. Графики для определения степени консолидации слабых грунтов без дрен с учетом линейного возрастания уплотняющей нагрузки

вания при его предпостроечном уплотнении или инженерной подготовке территории, когда сроки устройства огрузочной насыпи еще не определены, допускается определять протекание осадок во времени по формуле (I9), полагая, что нагружение основания происходит мгновенно ($\bar{q} = const$) и степень консолидации определяется формулой:

$$Q_v = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{4} T_v\right]. \qquad (20)$$

Для расчета рекомендуется пользоваться табл.I или графиком (рис. 4) на основании формулы (20) в безразмерных переменных. Промежуточные значения Q_v по табл.I определяются линейной интерполяцией.

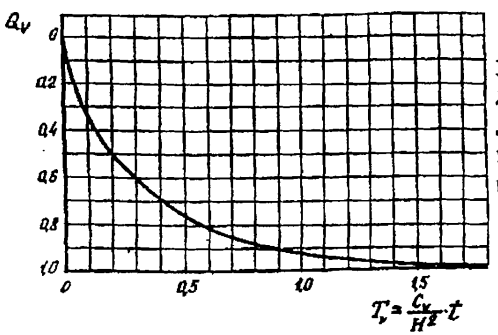

Рис.4. График для определения степени консолидации слабых грунтов без дрен для случаев мгновенного приложения уплотняющей нагрузки

Таблица I

T_v	Q_v при факторе времени $\overline{T}_r$			
	$\overline{T}_r$=0,3	$\overline{T}_r$=0,2	$\overline{T}_r$=0,I	$\overline{T}_r$ = 0,0
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	0,I68	0,I68	0,I68	0,252
0,I0	0,238	0,238	0,238	0,357
0,20	0,336	0,336	0,435	0,504
0,30	0,4II	0,498	0,56I	0,6I3
0,40	0,55I	0,609	0,657	0,698
0,50	0,650	0,695	0,732	0,764
0,60	0,727	0,76I	0,79I	0,8I6
0,70	0,787	0,8I4	0,837	0,856
0,80	0,833	0,854	0,872	0,887
0,90	0,870	0,886	0,900	0,9I2
I,00	0,898	0,9II	0,922	0,93I
I,I0	0,920	0,93I	0,939	0,946
I,20	0,938	0,946	0,952	0,958
I,30	0,95I	0,958	0,963	0,967
I,40	0,962	0,967	0,97I	0,974
I,50	0,970	0,974	0,977	0,980
I,60	0,977	0,980	0,982	0,984
I,70	0,982	0,984	0,986	0,988
I,80	0,986	0,988	0,989	0,990
I,90	0,989	0,990	0,99I	
2,00	0,99I	0,992	0,993	
2,I0	0,993	0,994	0,995	

2.4.6. Для расчета консолидации оснований только с вертикальными комбинированными дренами, т.е. для плоской осесимметричной задачи теории консолидации (когда горизонтальные дренирующие поверхности отсутствуют и фильтрационный поток радиален), степень консолидации Q_z при увеличении нагрузки по линейному закону $q=\alpha t$ до значения t, после которого нагрузка остается постоянной ($\bar{q}=\alpha t$), определяется по формулам:

при $T_z \le \overline{T}_z$

$$Q_z = 1 - \frac{1}{8T_z} F(\nu)\left\{1 - exp\left[-\frac{8}{F(\nu)} T_z\right]\right\}; \qquad (2I)$$

при $T_r \geq \bar{T}_r$

$$Q_r = 1 - \frac{1}{8T_r} F(\gamma)\left[exp\left[-\frac{8}{F(\gamma)} (T_r - \bar{T}_r) \right] - exp\left[-\frac{8}{F(\gamma)} T_r \right] \right], \qquad (22)$$

где $T_r = \frac{c_r}{d_e^2} t$ и $\bar{T}_r = \frac{c_r}{d_e^2} \bar{t}$ - факторы времени, соответствующие любому заданному времени t и времени прекращения возрастания нагрузки $\bar{t}$, определяемому графиком производства работ, $F(\gamma)$ определяется по формулам:

$$F(\gamma) = ln(\gamma) - 0,75 \qquad (23)$$

для комбинированных дрен с фильтрующей оболочкой из синтетической бумаги марки ФИПС и для комбинированных дрен с простой бумажной оболочкой

$$F(\gamma) = ln(\gamma) - 0,75 + \frac{K_r}{K_0} \frac{2\delta}{d_w} \qquad (24)$$

В формулах (23) и (24) приняты следующие обозначения:
$\gamma = \frac{d_e}{d_w}$ - отношение диаметра зоны влияния d_e к эквивалентному диаметру комбинированной дрены d_w, причем d_e определяется по формулам (I2) и (I3), а d_w принимается равным 4 см для дрен с поперечным сечением 0,4 х I0,0 см; δ - толщина фильтрующей оболочки, принимаемая равной 0,02 см; K_0 - коэффициент фильтрации оболочки, принимаемый равным I,2 х $I0^{-7}$ см/с; K_r - коэффициент фильтрации грунта в радиальном направлении, определяемый по формуле:

$$K_r = \frac{a c_r \Delta}{1 + e_{cp}}, \qquad (25)$$

где a и e_{cp} - соответственно коэффициент сжимаемости и средний коэффициент пористости, определяемые в диапазоне уплотняющих нагрузок по результатам компрессионных испытаний; c_r - коэффициент консолидации, определяемый по формуле (I6).

2.4.7. Для предварительных расчетов Q_r, когда сроки устройства огрузочной насыпи еще не определены, допускается считать, что нагружение основания происходит мгновенно ($\bar{q} = const$) и степень консолидации определяется по формуле:

$$Q_r = 1 - exp\left[-\frac{8T_r}{F(\gamma)} \right], \qquad (26)$$

где $T_r = \frac{c_r}{d_e^2} t$ -фактор времени, соответствующий любому заданному времени t после устройства насыпи, а $F(\gamma)$ определяется по формулам

(23) и (24).

Для практических расчетов по формулам (21), (22), (26) рекомендуется пользоваться графиками рис.5 и 6.

Примеры расчета степени консолидации в прил.5.

2.4.8. Для расчета консолидации оснований с вертикальными дренами из нетканого материала, когда горизонтальные дренирующие поверхности отсутствуют и фильтрационный поток радиален, степень консолидации Q_z при увеличении нагрузки по линейному закону $q = \alpha t$ до значения $\bar{t}$, после которого нагрузка остается постоянной ($\bar{q} = \alpha \bar{t} = const$), определяется по формулам:

при $T_z \le \bar{T}_z$

$$Q_z = 1 - \frac{1}{H}\int_0^H \frac{\mathcal{F}(\gamma)}{8T_z f(z)}\left\{1 - exp\left[-\frac{8T_z f(z)}{\mathcal{F}(\gamma)}\right]\right\} dz, \qquad (27)$$

при $T_z \ge \bar{T}_z$

$$Q_z = 1 - \frac{1}{H}\int_0^H \frac{\mathcal{F}(\gamma)}{8T_z f(z)}\left[exp\left[\frac{-8f(z)}{\mathcal{F}(\gamma)}(T_z - \bar{T}_z)\right] - exp\left[\frac{-8T_z f(z)}{\mathcal{F}(\gamma)}\right]\right] dz, \qquad (28)$$

где H - расчетная толщина уплотняемого слоя;

$$f(z) = \frac{exp[\beta(z-2H)] + exp(-\beta z)}{1 + exp(-2\beta H)}; \qquad (29)$$

z - вертикальная координата;

$$\beta = \sqrt{\frac{2K_z}{K_w F_w}\frac{\pi}{\mathcal{F}(\gamma)}}, \qquad (30)$$

где K_w = 0,14 см/сек - коэффициент фильтрации нетканого материала;

F_w = 4 см^2 - рабочая площадь дрены с поперечным сечением 0,4 х х 10 см;

$\mathcal{F}(\gamma)$ - функция, определяемая по формуле (23), в которой принято α_w = 6,6 см.

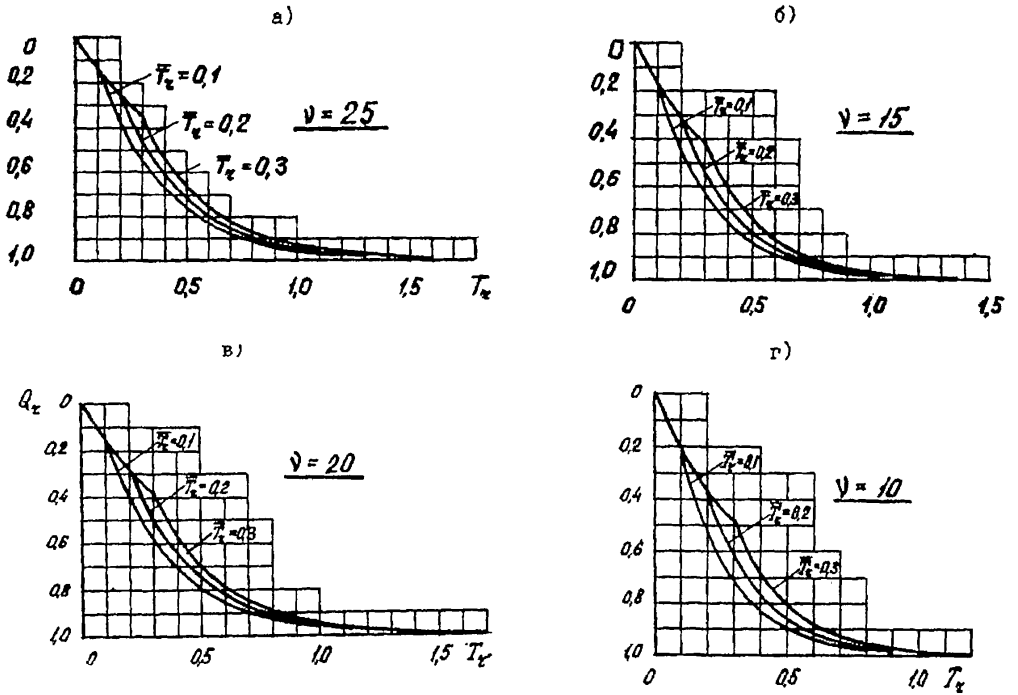

Рис.5. Графики для определения степени консолидации слабых грунтов с комбинированными дренами с учетом линейного возрастания уплотняющей нагрузки:
а - ν =25; б - ν = 15; в - ν =20; г - ν =10

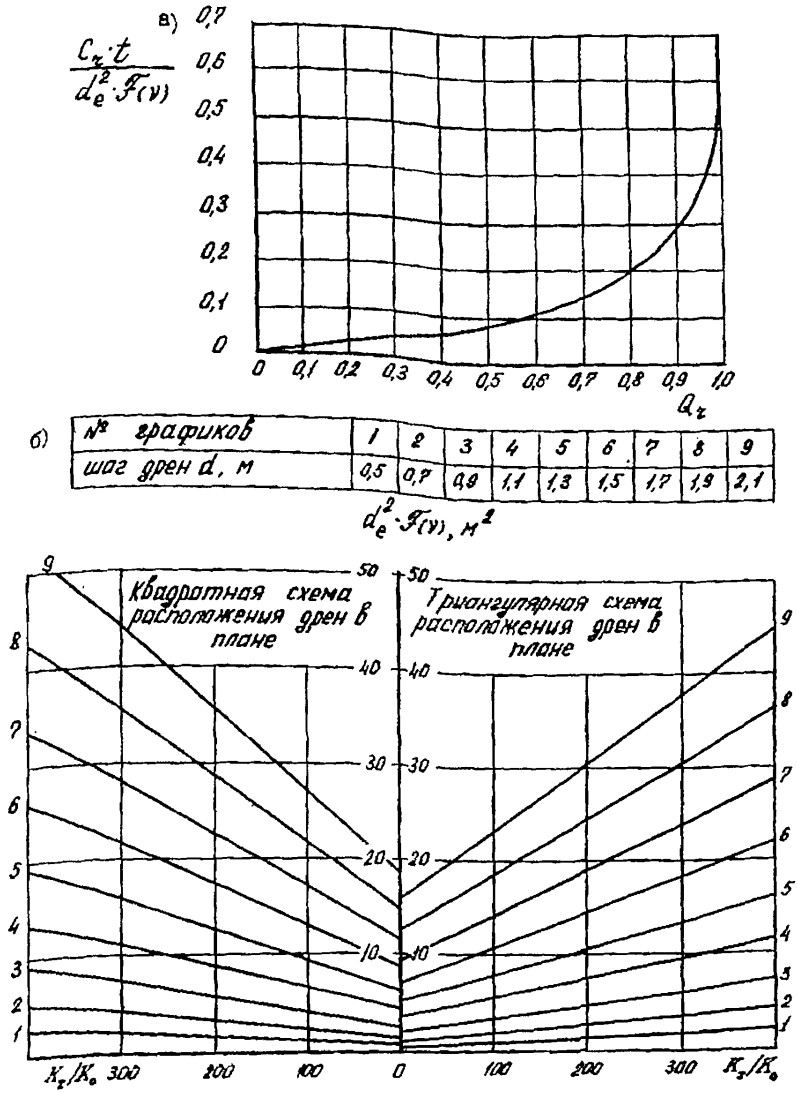

Рис.6. Графики для определения степени консолидации Q_z слабых грунтов с комбинированными дренами при мгновенном приложении уплотняющей нагрузки (а) и для определения параметра $d_e^2 \mathcal{F}(\nu)$ (б)

Для расчета рекомендуется пользоваться графиками рис.7.

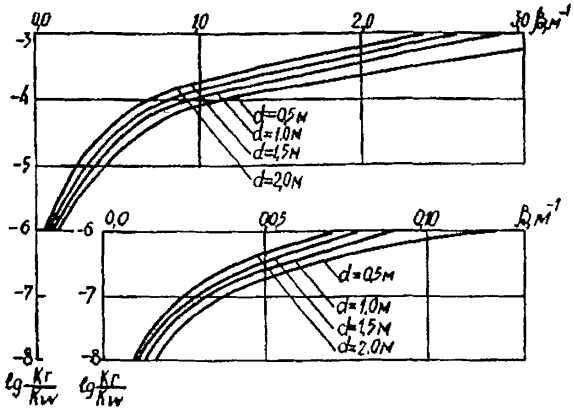

Рис.7. Зависимость параметра β от параметра $lg\frac{K_r}{K_w}$ при различном шаге дрен d

Графики для расчета степени консолидации грунтов с дренами из нетканого материала приведены на рис.8-I6 .

2.4.9. Когда сроки устройства огрузочной насыпи не определены, допускается, что нагружение основания происходит мгновенно ($\bar{q}=const$) и степень консолидации определяется по формуле:

$$Q_r = 1 - \frac{1}{H}\int_0^H exp\left[\frac{-8T_r f(z)}{F(n)}\right]dz, \qquad (3I)$$

где $T_r = \frac{C_r}{d_e^2}t$ -фактор времени, соответствующий любому заданному времени t после устройства насыпи, а $F(n)$ и $f(z)$ определяют соответственно по формулам (23) и (29).

Для практических расчетов рекомендуется пользоваться графиками рис.8-I6 при $T_r = 0$.

2.4.I0. При наличии горизонтальных дренирующих слоев процесс консолидации следует рассматривать как наложение двух фильтрационных потоков-радиального и вертикального (плоская осесимметричная, см. пп.2.4.5-2.4.8, и одномерная, см. пп. 2.4.3 и 2.4.4, задачи теории консолидации), при этом степень консолидации рекомендуется определять по формуле:

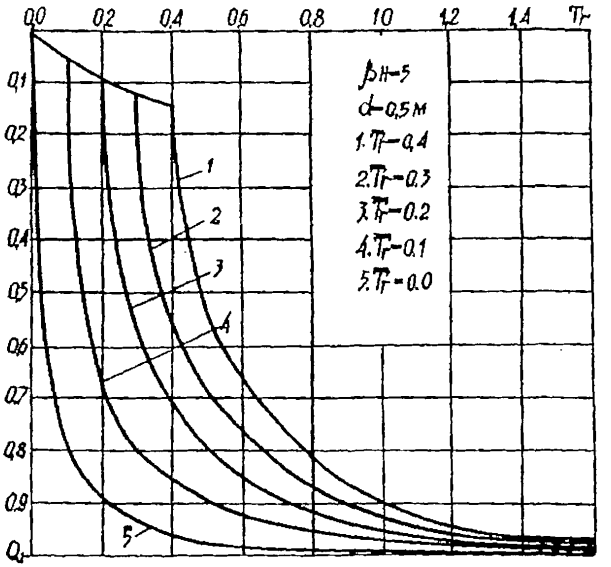
0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 Tr
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 Q
βH=5
d=0,5м
1. Tr=0,4
2. Tr=0,3
3. Tr=0,2
4. Tr=0,1
5. Tr=0,0
1
2
3
4
5

Рис.8.

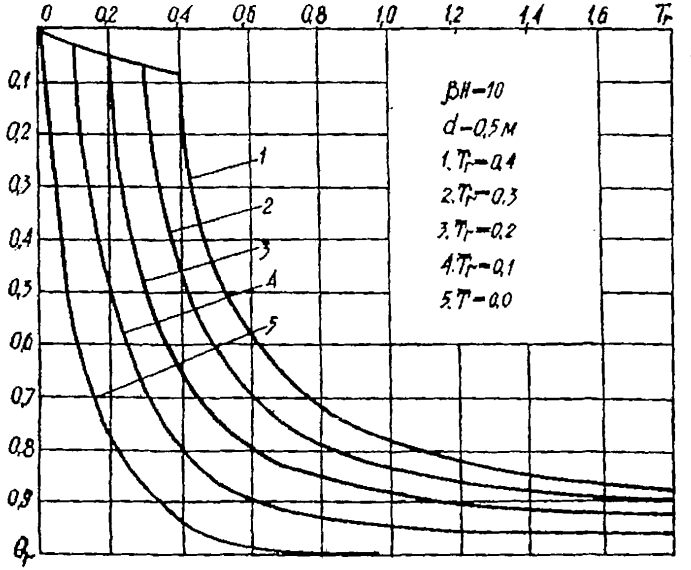
0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2 1,4 1,6 Tr
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 Q
βH=10
d=0,5м
1. Tr=0,4
2. Tr=0,3
3. Tr=0,2
4. Tr=0,1
5. T=0,0
1
2
3
4
5

Рис.9.

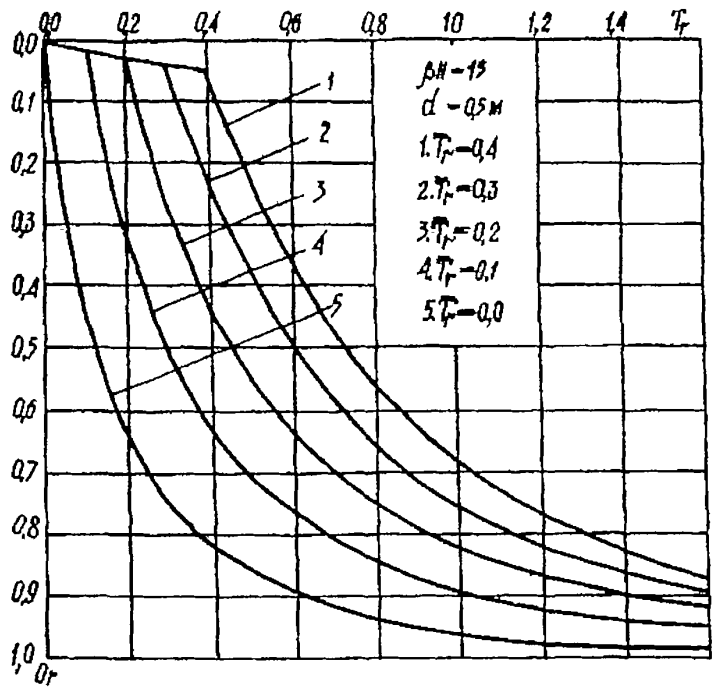
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
T_r
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
θ_r
$\beta_H = 15$
$d = 0,5$ м
1. $T_r = 0,4$
2. $T_r = 0,3$
3. $T_r = 0,2$
4. $T_r = 0,1$
5. $T_r = 0,0$
1
2
3
4
5

Рис.10.

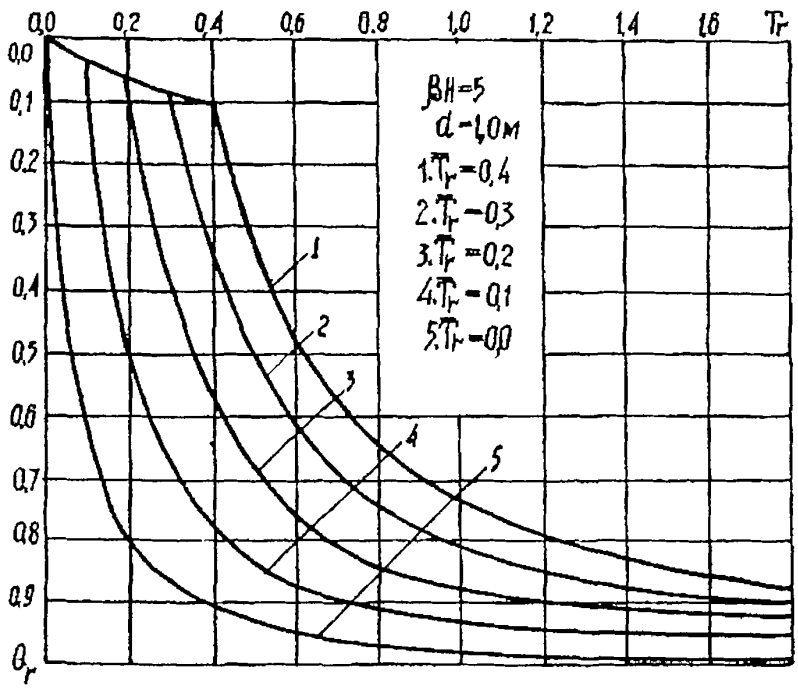
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
1,6
T_r
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
θ_r
$\beta_H = 5$
$d = 1,0$ м
1. $T_r = 0,4$
2. $T_r = 0,3$
3. $T_r = 0,2$
4. $T_r = 0,1$
5. $T_r = 0,0$
1
2
3
4
5

Рис.11.

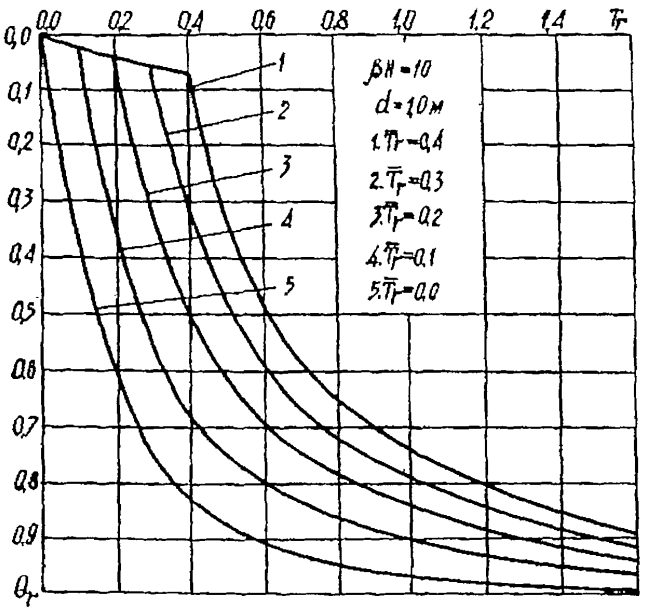
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
T_r
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
θ_r
1
2
3
4
5
βH=10
d=1,0м
1. $\bar{T}_r$=0,4
2. $\bar{T}_r$=0,3
3. $\bar{T}_r$=0,2
4. $\bar{T}_r$=0,1
5. $\bar{T}_r$=0,0

Рис.12.

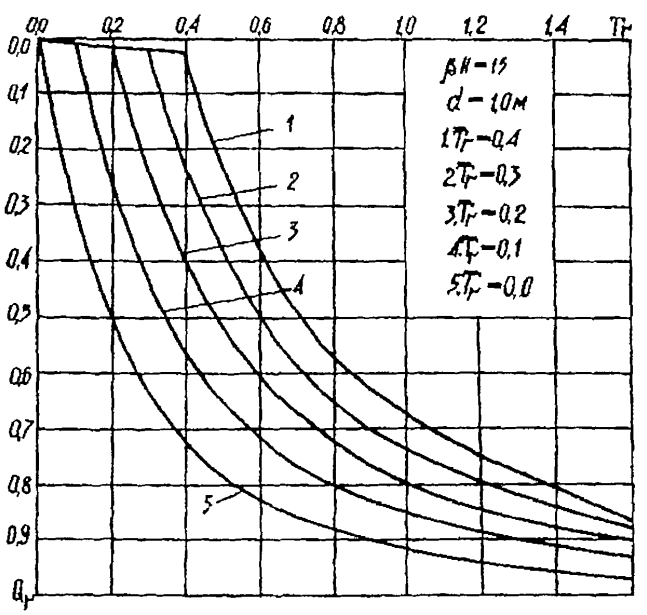
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
T_r
0,0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
θ_r
1
2
3
4
5
βH=15
d=1,0м
1. $\bar{T}_r$=0,4
2. $\bar{T}_r$=0,3
3. $\bar{T}_r$=0,2
4. $\bar{T}_r$=0,1
5. $\bar{T}_r$=0,0

Рис.13.

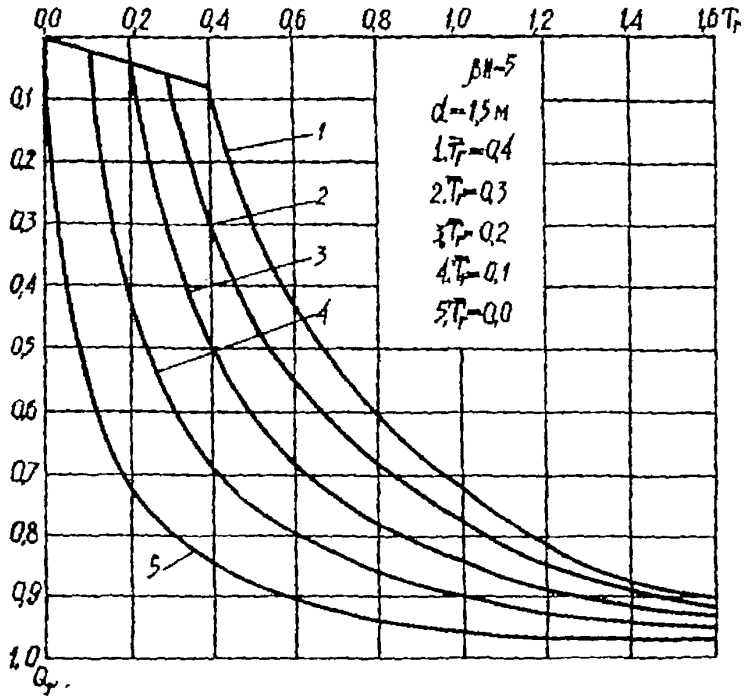
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
1,6
Tr
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
Qr
βH=5
d=1,5 м
1. Tr=0,4
2. Tr=0,3
3. Tr=0,2
4. Tr=0,1
5. Tr=0,0
1
2
3
4
5

Рис.I4.

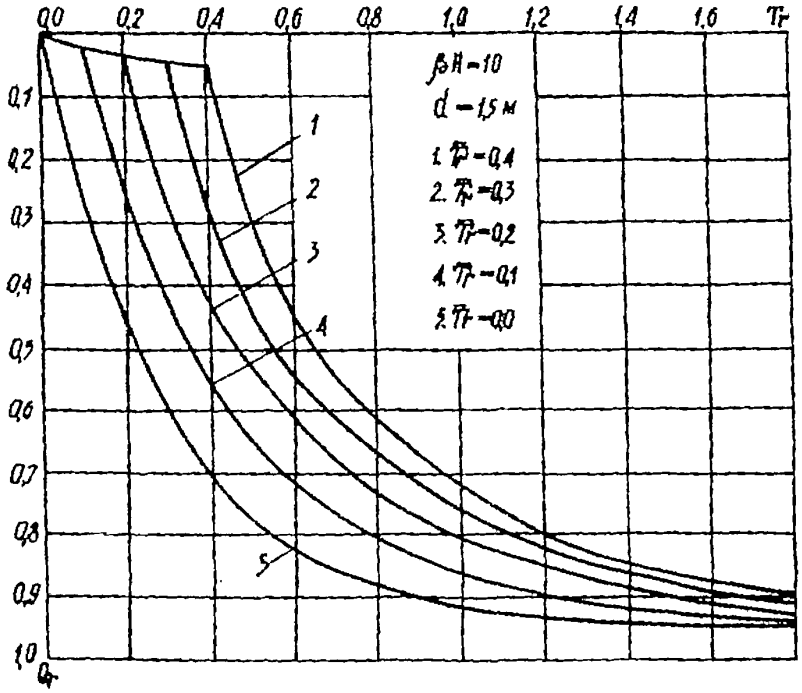
0,0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
1,6
Tr
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
Qr
βH=10
d=1,5 м
1. Tr=0,4
2. Tr=0,3
3. Tr=0,2
4. Tr=0,1
5. Tr=0,0
1
2
3
4
5

Рис.I5.

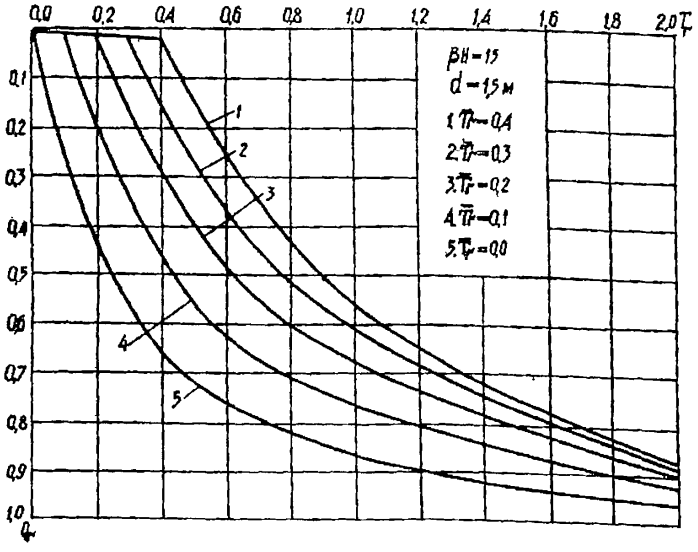

Рис.16.

$$Q_{vr} = 1-(1-Q_v)(1-Q_r), \qquad (32)$$

где Q_v определяется по формулам (17), (18) и (20),

При применении комбинированных дрен и дрен из нетканого материала Q_r вычисляют соответственно по формулам (21),(22),(26) и (27), (28),(31).

2.4.11. Сопоставление вариантов дренирования оснований приведено на рис.17. Примеры определения степени консолидации оснований с ленточными дренами даны в прил.5.

2.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО УПЛОТНЕННЫХ ОСНОВАНИЯХ

2.5.1. Фундаменты на предварительно уплотненных основаниях следует проектировать в виде плит в две стадии - проект и рабочая документация. Для этих целей рекомендуется пользоваться "Пособием по

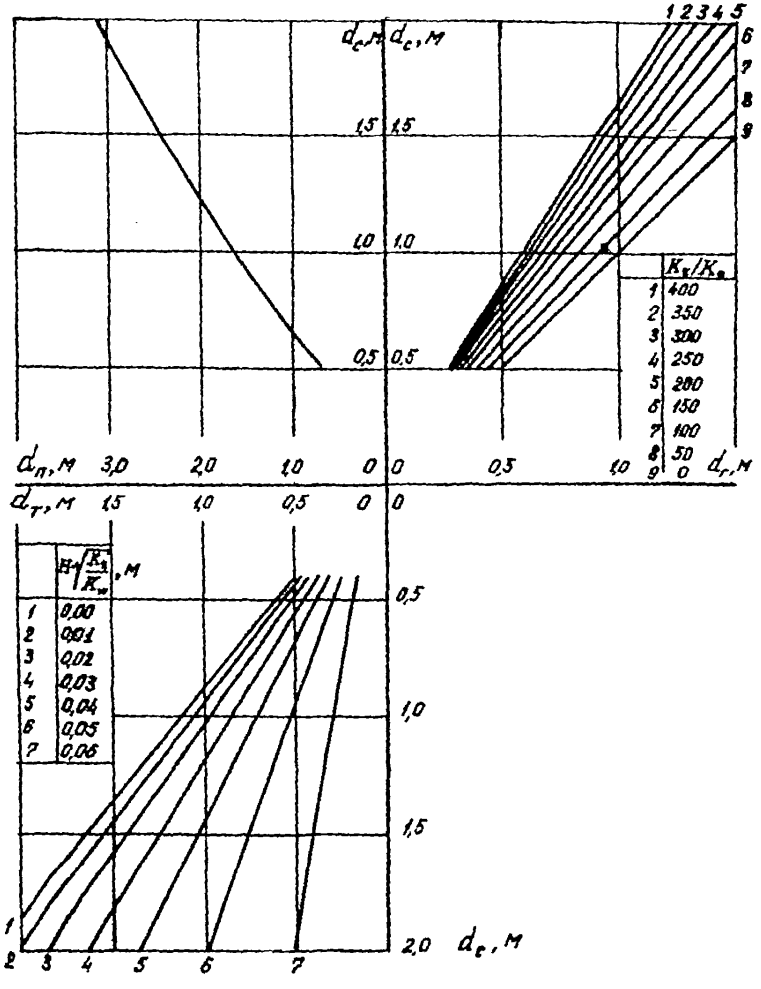

Рис.17. Графики для определения эквивалентного шага песчаных и енточных дрен заводского изготовления:

$d_п$ - песчаные дрены; $d_т$ - дрены из нетканого материала;

$d_г$ - комбинированные дрены с фильтром из галантерейной бумаги;

$d_ф$ - комбинированные дрены с фильтром из бумаги марки ФПС

проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа" (М., Стройиздат, 1984).

2.5.2. Проектирование фундаментов на стадии проекта производится на основании данных о величине модуля деформации, определяемой в соответствии с указаниями п.2.2.3.

2.5.3. Проектирование фундаментов на стадии рабочей документации производится на основании данных о величине фактических осадок основания под временной насыпью и упругого подъема основания после снятия насыпи.

Примечание. Данные об осадках и упругом подъеме основания получаются в результате наблюдений, проводимых в соответствии с указаниями, приведенными в прил.4 Рекомендаций по предпостроечному уплотнению слабых грунтов временной нагрузкой с применением песчаных и бумажных дрен (Ярославль, ОНТИ Института организации, механизации и технической помощи Минстроя СССР, 1978).

2.5.4. Проектирование ленточных и столбчатых фундаментов сооружений, а также свайных фундаментов должно проводиться на основании обычного комплекса изысканий после инженерной подготовки территории или предпостроечного уплотнения, причем проектирование последних следует проводить по специальным проектам в соответствии с настоящими Рекомендациями с учетом специфики указанных систем оснований и фундаментов, регламентированной действующими нормативными документами.

2.6. КОНСТРУКЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ВЫПУСКА

2.6.1. Для предпостроечного уплотнения грунтов рекомендуется применять ленточные дрены двух типов: бумажные комбинированные и дрены из нетканого синтетического материала.

Бумажная комбинированная дрена (рис.18) представляет собой ленту шириной 100 мм и толщиной 4 мм, состоящую из ребристого полиэтиленового сердечника, обернутого фильтрующей оболочкой из бумаги. Ребра сердечника образуют продольные каналы для отвода воды. Полиэтиленовый сердечник обеспечивает жесткость дрены на боковое сжатие. Фильтрующая оболочка предохраняет каналы сердечника от кольматации частицами уплотняемого грунта.

Дрена из нетканого материала представляет собой ленту шириной 100 мм и толщиной 6 мм. Для удобства складирования и транспортировки

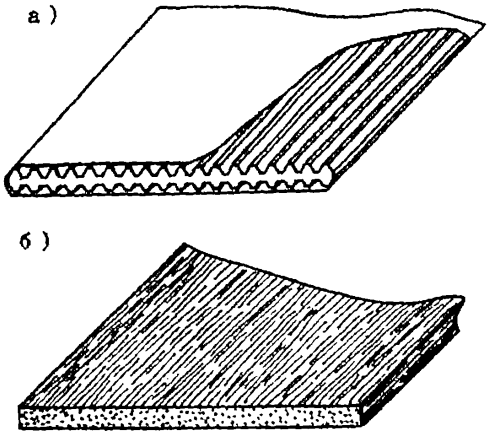

Рис.18. Дрены заводского изготовления:
а- комбинированная; б- из нетканого материала

дрены должны наматываться в рулоны длиной 200-250 м.

2.6.2. Для изготовления сердечника комбинированных дрен рекомендуется применять полиэтилен ПЭВД, имеющий малый удельный вес. В качестве материала для фильтрующей оболочки рекомендуется применять бумагу марки ФМПС и гетинакс.

Для склеивания бумажной оболочки следует применять клей-расплав, удовлетворяющий следующим требованиям:

рабочий интервал температур 80-100°С;

адгезия с бумагой должна быть хорошей (при испытаниях разрыв должен происходить по бумаге);

время отверждения клея 5-10 с;

клей должен быть стоек к действию грунтовых вод.

2.6.3. Для изготовления дрен из нетканого синтетического материала рекомендуется применять Дорнит Ф-2 (прил.6).

2.6.4. Комплект оборудования для изготовления ленточных комбинированных дрен разработан трестом "Калининградоргтехстрой" Минстроя СССР. Производительность изготовления этих дрен составляет 100--120 м/ч.

2.6.5. Изготовление дрен из нетканого материала (типа Дорнит) заключается в нарезке лент из рулонов шириной 1,5-2,0 м. Нарезка мо-

жет осуществляться двумя способами: с помощью дисковых ножей и электротермическим способом с помощью раскаленных струн.

3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Применяемое оборудование и технология производства работ

3.I. Для погружения ленточных дрен рекомендуется использовать установки, разработанные трестом "Калининградоргтехстрой". Основным рабочим органом установки для погружения дрен является обсадная игла, представляющая собой сварную конструкцию из двух элементов таврового сечения (рис.I9).

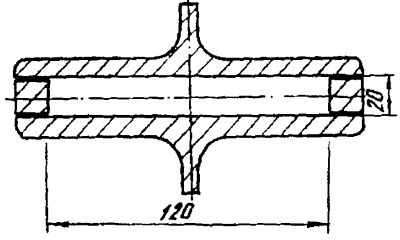

Рис.I9. Обсадная игла

Для беспрепятственного движения ленточных дрен внутри обсадной иглы должно быть предусмотрено отверстие размером не менее II0xI5 мм. Максимальная длина обсадной иглы I2 м.

3.2. Погружение обсадной иглы в грунт должно производиться статическим вдавливанием (с применением гидроцилиндров с полиспастной системой) или забивкой молотом, например С-268 или С- 330.

3.3. В качестве базовой машины для погружения ленточных дрен забивкой рекомендуется использовать сваебойный агрегат С-878, который обеспечивает подвижность и проходимость установки на строительной площадке. Сваебойный агрегат снабжается дизель-молотом, который при погружении обсадной иглы используется как механический молот.

3.4. Навесное оборудование для погружения ленточных дрен способом статического вдавливания монтируется на базовой машине - сваебойном агрегате СП-49.

3.5. Уплотнение слабых водонасыщенных грунтов состоит из следующих этапов:

устройство песчаного дренирующего слоя; погружение ленточных дрен; установка поверхностных и глубинных марок; устройство временной

пригрузочной насыпи; контроль качества уплотнения и наблюдение за осадками марок.

При уплотнении грунтов площадью более 2500 м^2 вся территория разбивается на участки, где последовательно по этапам проводится весь цикл уплотнения.

3.6. Устройство песчаного дренирующего слоя следует проводить как правило, после планировки площадки.

3.7. Песчаный дренирующий слой, одновременно являющийся рабочим слоем, устраивается толщиной 0,5-1,0 м в зависимости от местных условий, обеспечивающих проходимость рабочих механизмов. Отсыпка песка ведется от границ площадки к середине, постепенно заполняя всю площадь с одновременным его разравниванием.

3.8. Контроль за качеством работ по отсыпке песчаного дренирующего слоя заключается в систематическом инструментальном измерении толщины этого слоя.

3.9. Погружение ленточных дрен должно проводиться в следующей последовательности: заправка дрены в обсадную иглу; установка агрегата над точкой погружения; закрепление якоря на конце дрены; погружение обсадной иглы с дреной в грунт; извлечение обсадной иглы с оставлением дрены в грунте; обрезка верхнего конца дрены (на 0,15 - -0,30 м выше поверхности земли); передвижение агрегата на следующую точку.

Заправка дрены в обсадную иглу агрегата проводится вручную в начале работы. В ходе работы дрена беспрерывно должна подаваться в иглу.

3.10. В случае невозможности погружения ленточной дрены до заданной глубины (наличие валунов, камней, корневищ и т.п.) обсадная игла извлекается на поверхность, после чего производится погружение дополнительной дрены.

3.11. Дополнительные дрены следует погружать в том случае, когда отклонения между погруженными дренами от проектного положения составляют более 0,2 м и более 0,5 м по глубине.

3.12. В процессе погружения ленточных дрен необходимо контролировать глубину и расстояние между дренами.

3.13. Для замера осадки поверхности уплотняемой площади сразу после погружения дрен следует устанавливать марки. Выбор места уста-

новки поверхностных и глубинных марок и реперов производится проектной организацией с учетом инженерно-геологических условий площадки, размеров уплотняемых площадей и размещения сооружений.

3.14. Размещение поверхностных марок по всей уплотняемой площади в плане должно назначаться по квадратной сетке, которая строится на главных продольной и поперечной осях запроектированного сооружения. При предпостроечном уплотнении оснований расстояние между поверхностными марками должно быть не более 15 м, а число - не менее 5 штук на сооружение. При инженерной подготовке территории расстояние между поверхностными марками должно быть не более 50 м. Каждой марке и реперу присваивается порядковый номер.

3.15. Число глубинных марок зависит от напластования грунтов. При толщине пласта не менее 1 - 2 м устанавливается одна глубинная марка; при однородном залегании грунтов глубинные марки устанавливаются с интервалом 2 - 3 м по глубине.

3.16. Поверхностная марка (рис.20) при установке должна заглубляться в песчаный дренирующий слой на 0,25-0,5 м. Ствол ее должен находиться в вертикальном положении.

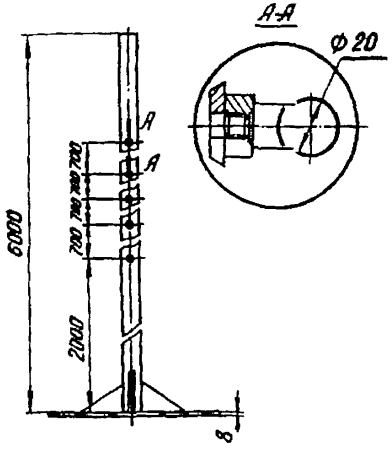

Рис.20. Поверхностная марка

Примечание. В период отсыпки пригрузочной насыпи и проведения наблюдений установленные марки должны не смещаться. Рекомендуется применять поверхностные и глубинные марки, разработанные

трестом "Калининградстрой".

3.17. Временную пригрузочную насыпь следует выполнять из грунта послойно. Толщина слоев насыпи должна не превышать 1,0-1,5 м. Вслед за выгрузкой грунт разравнивают бульдозером.

Примечание. Скорость возведения пригрузочной насыпи зависит от несущей способности грунта основания.

3.18. Перед снятием временной насыпи на данной площадке составляется акт, где приводятся проектные и фактические значения осадок поверхностных марок.

3.19. Качество уплотнения грунта следует определять по результатам наблюдения за осадками поверхностных марок.

3.20. Временные реперы (2 шт.) следует размещать за пределами уплотняемой временной пригрузочной насыпи на расстоянии не менее 200 м.

3.21. В качестве временных реперов рекомендуется использовать:

а) железобетонные забивные сваи, погруженные в плотные слои грунта не менее чем на 1 м;

б) специальные глубинные реперы;

в) марки на цоколях достаточно удаленных зданий.

3.22. Нивелирование марок должно проводиться в течение двух дней после устройства дрен. Если отсыпка пригрузочной насыпи осуществляется в более продолжительные сроки, то через каждые пять дней следует выполнять наблюдения за осадками марок. При ступенчатом загружении нивелирование выполняется перед началом каждой следующей ступени.

После окончания отсыпки временной пригрузочной насыпи наблюдения за осадками марок в первые три месяца следует вести соответственно через 5, 10 и 15 сут, в последующие месяцы - через 20-30 сут (в зависимости от интенсивности осадок).

3.23. По ведомости осадок для каждой марки необходимо составлять график осадки во времени. Данные об осадках марок дополняют данными о давлении временной насыпи на грунт ко времени проведения нивелирования.

3.24. При производстве работ в зимних условиях должны соблюдаться дополнительные требования:

ленточные дрены рекомендуется применять при температуре наружного воздуха не ниже - 25°С;

погружение инвентарной обсадной иглы с ленточной дреной в зимних условиях рекомендуется производить в лидерные скважины, которые выполняются бурением или пробойником;

после устройства ленточных дрен(не более чем через I,5 часа при температуре наружного воздуха - 5°С и не более чем через I5 мин. при температуре - 20°С) на поверхности должен выполняться огрузочный слой;

поперечное сечение лидерной скважины или область оттаиваемого грунта должны быть больше наружного размера обсадной иглы, а глубина - не менее толщины слоя промерзшего грунта.

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ И ПРИЕМКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

4.I. В процессе производства работ на строительной площадке ведется журнал погружения ленточных дрен, в том числе сменная ведомость на погружение ленточных дрен (прил. 7 и 8).

4.2. В процессе определения осадок уплотняемого основания составляется следующая исполнительная документация;

план размещения марок и реперов;

разрезы площадки с нанесением глубинных марок;

ведомости осадок марок;

графики протекания осадок всех марок во времени за весь период наблюдений.

4.3. Акт на скрытые работы составляется представителями организации, выполнявшей предпостроечное уплотнение грунтов, генподрядчиком, заказчиком и авторского надзора после осмотра уплотняемых оснований. При этом используются: результаты наблюдений за осадками глубинных и поверхностных марок; исполнительные чертежи предпостроечного уплотнения; журнал погружения ленточных дрен (см. прил.7 и 8).

4.4. Допускается промежуточная приемка отдельных участков работ.

4.5. Для контроля поведения зданий и сооружений в процессе их

возведения и эксплуатации должны быть организованы наблюдения за их осадками. Места расположения стеновых марок рекомендуется назначать проектной организацией.

5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. До начала производства работ следует уточнить план подземных коммуникаций и получить разрешение на ведение работ от соответствующих организаций.

5.2. Производство работ ведется в соответствии с требованиями главы СНиП Ш-4-80. Техника безопасности в строительстве (М., Стройиздат, 1980).

5.3. Электробезопасность на строительной площадке, участках работ и рабочих местах должна обеспечиваться в соответствии с требованиями: ГОСТ 12.1.013-78. Строительство. Электробезопасность. Общие требования (М., Изд-во стандартов, 1979) и ГОСТ 22026-76. Пожарная техника. Обозначения условные графические. (М., Изд-во стандартов, 1978).

5.4. На установке для погружения дрен и в зоне ее работы должны быть вывешены инструкции по эксплуатации, предупредительные знаки, надписи и плакаты по технике безопасности.

5.5. Работы, связанные с электрооборудованием и электросетями, необходимо выполнять в соответствии с правилами эксплуатации последних.

5.6. Лицо, ответственное за техническое состояние установок, должно проводить соответствующую их проверку не реже одного раза в 10 дней.

5.7. Заправку конца дрены и установку якоря следует производить при фиксированном положении обсадной иглы.

5.8. При передвижении установки на площадке на расстоянии более 5 м нижний конец обсадной иглы временно фиксируется к направляющей стреле (мачте).

5.9. Монтаж и демонтаж установки разрешается производить только в присутствии механика участка.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Пример определения коэффициента консолидации

В результате консолидационных испытаний образца ила высотой 2H=2 см, вырезанного поперек слоистости, получены данные, по которым построена (см.рис.I) экспериментальная кривая консолидации в координатах: корень квадратный из времени в мин-абсолютное сжатие образца в мм.

К экспериментальной кривой консолидации на ее начальном участке проводится касательная (см.рис.I), пересекающая ось ординат (t =0) в точке А, ордината которой соответствует в данном случае 0,08 мм*. Далее из точки А проводится вторая прямая, абсциссы которой составляют I,I5 абсцисс первой прямой. Пересечение второй прямой с экспериментальной кривой (точка В) дает $\sqrt{t_{90}}$ или t_{90}, соответствующее степени консолидации 0,9. В данном примере оказалось, что t_{90} = = $5,I^2$ мин = 260 мин. Подставляя это значение и H =I см в формулу (6) и вводя коэффициент 52,56, находим коэффициент консолидации в $м^2$/год :

$$C_v = \frac{0,848 \cdot I,0^2 \cdot 52,56}{26,0} = I,7I \text{ м}^2/\text{год} .$$

*) В ряде случаев экспериментальная кривая консолидации не имеет начального криволинейного участка и, следовательно, точка А может совпадать с началом кривой.

Форма записи экспериментальных данных

Время от начала приложения нагрузки, мин	Корень квадратный из времени $\sqrt{t}$ мин$^{1/2}$	Осадка образца грунта-сжатие, мм
0,000	0,000	0,000
0,166	0,40	0,134
0,250	0,50	0,144
0,500	0,73	0,174
0,750	0,87	0,194
1,000	1,00	0,204
2,000	1,43	0,254
3,000	1,73	0,294
4,000	2,00	0,324
5,000	2,24	0,354
10,000	3,16	0,454
15,000	3,87	0,514
30,000	5,48	0,634
60,000	7,75	0,784
120,000	10,95	0,864
180,000	13,42	0,894
240,000	15,49	0,914
300,000	17,32	0,934
360,000	18,97	0,938
420,000	20,49	0,944
1440,000	37,95	1,002

Приложение 2

Краткая характеристика установок для статического зондирования грунтов

Показатели	Тип установки		
	С-832	С-832М	ПСПМ-4
Максимальная глубина зондирования, м	I5	30	20
Скорость погружения, м/мин	0,008÷3	0,007÷3	0,5÷0,7
Диаметр основания конуса, мм	35,8	35,8	36
Площадь конуса, $см^2$	I0	I0	I0
Максимальное усилие вдавливания, кН	I00,00	I35,60	I00,00
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:			
высота	3550	3550	
ширина	2350	2300	
длина (без насосной станции)	I0500	I6065	
Масса установки без насосной станции, кг	I000	3230	376
Общая масса с базовой машиной, кг	4200	7230	

Приложение 3

Пример расчета толщины песчаного слоя h_o для инженерной подготовки территории

Определим толщину песчаного слоя для огрузки торфяной залежи при следующих данных:

H = 5,0 м; $h_1 = h_2$ = I,0 м;

γ_w = I,I5 т/м^3, $\gamma_н$ = 2,0 т/м^3.

Осредненная компрессионная кривая для торфа аппроксимирована экспонентой $e = 5{,}2 + 7{,}1 \times \exp(-1{,}85p)$,

где a =5,2; b = 7,I ; $-c$ =-0,I85 м^2/т; p - вертикальное давление в компрессионном приборе.

Подставляя эти данные в уравнение (II), получим:

$$h_o = 2{,}6055 / (1 - \exp(-0{,}185 h_o - 0{,}185)) + 1;$$

h_o - определяется методом последовательного приближения (методом итераций). Обозначим h_o в левой части уравнения через y. Уравнение примет вид:

$$y = 2{,}6055 / (1 - \exp(-0{,}185 h_o - 0{,}185)) + 1. \qquad (II^I).$$

Задавая различные значения h_o, получим соответствующие значения y. Это запишем в виде таблицы:

h_o	0	0,5	I,0	I,5	2,0	2,5	3,0	3,5
y	I,440I	I,63I3	I,8059	I,9648	2,I097	2,2320	2,3624	2,472I

На основании этой таблицы строим график (рис.2I). На этом графике строим прямую $y = h_o$. Точка пересечения кривой и прямой есть искомая толщина песчаного слоя, равная 2,I5 м.

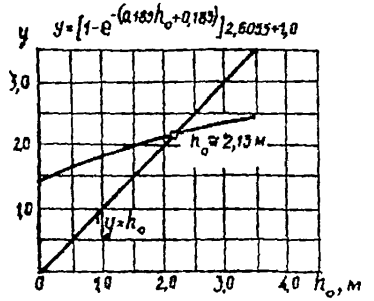

Рис.2I. Графоаналитическое определение толщины песчаного слоя

Приложение 4

Пример расчета времени консолидации слоя водонасыщенного торфа без дрен при намыве песка

Требуется определить время t, соответствующее степени консолидации $\theta_v = 0,5$, при следующих данных: толщина торфяной залежи при односторонней фильтрации в сторону песчаного слоя H=5 м, коэффициент консолидации торфа $C_v = 5 \cdot 10^4$ см^2/год или $C_v = 5$ м^2/год, время намыва слоя песка $\bar{t} = 0,75$ года.

Фактор времени, соответствующий $\bar{t} = 0,75$ года, равен

$$\bar{T}_v = \frac{C_v \bar{t}}{H^2} = \frac{5,0}{5,0^2} \quad 0,75 = 0,15.$$

Определим два значения T_v, соответствующие $\theta_v = 0,5$, по кривым для $\bar{T}_v = 0,1$ и $\bar{T}_v = 0,2$ (см. рис.3), равные 0,25 и 0,30. Интерполируя между этими двумя величинами при заданных значениях $\bar{T}_v$, получим:

$$T_v = 0,25 + \frac{0,30 - 0,25}{0,2 - 0,1} \quad (0,15-0,10) = 0,275.$$

Время консолидации равно

$$t = T_v \cdot \frac{H^2}{C_v} = 0,275 \cdot \frac{25}{5} = 1,375 \text{ года.}$$

Приложение 5

Примеры расчета степени консолидации оснований с ленточными дренами

Пример I.

Требуется определить степень консолидации Q_t основания с комбинированными дренами (с фильтром из галантерейной и синтетической бумаги) после уплотнения в течение t, равного одному году. Дрены расположены в плане по квадратной сетке с шагом I,5 м. Коэффициент консолидации грунта $C_t = 5$ м^2/год, коэффициент фильтрации $K_t =$ $= 5$ м/год. Уплотняющая нагрузка прикладывается мгновенно и в процессе консолидации остается постоянной.

Определим отношение коэффициента фильтрации уплотняемого грунта к коэффициенту фильтрации бумажной оболочки дрены:

а) при фильтре из галантерейной бумаги:

$$\frac{K_t}{K_0} = \frac{5 \text{ м/год}}{3{,}11\ 10^{-2} \text{ м/год}} = 161;$$

б) при фильтре из синтетической бумаги:

$$\frac{K_t}{K_0} = 0$$

В соответствии с графиком (см.рис.6,б):

а) $d_e^2\, \mathcal{F}(\nu) = 16$ м^2;

б) $d_e^2\, \mathcal{F}(\nu) = 9$ м^2.

Вычислим параметры:

а) $\dfrac{C_t t}{d_e^2 \mathcal{F}(\nu)} = \dfrac{5 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 1 \text{ год}}{16 \text{ м}^2} = 0{,}31;$

б) $\dfrac{C_t t}{d_e^2 \mathcal{F}(\nu)} = \dfrac{5 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 1 \text{ год}}{9 \text{ м}^2} = 0{,}56.$

Степень консолидации Q_t определена по графику (см.рис.6,а);

$$Q_t = 0{,}92$$

в случае применения комбинированных дрен с фильтром из галантерейной бумаги,

$$Q_t = 0{,}99$$

в случае применения комбинированных дрен с фильтром из синтетической бумаги.

Пример 2.

Требуется определить степень консолидации Q_t основания с дренами из нетканого материала после уплотнения в течение $t = 0{,}2$ года.

Дрены расположены в плане по квадратной сетке с шагом I м. Коэффициент консолидации грунта C_r = 5 м^2/год, коэффициент фильтрации K_r = = 5 м/год. Расчетная толщина уплотняемого слоя H =8,35 м. Нагрузка прикладывается мгновенно и в процессе уплотнения не изменяется; нагрузка прикладывается по линейно возрастающему закону до $\overline{T}_r$ =0,4, затем остается постоянной.

Параметр $lg \frac{K_r}{K_o} = \frac{5 \text{ м/год}}{3{,}63 \times 10^{4} \text{ м/год}} = lg\ 1{,}38 \times 10^{-4} =$

$= lg\ 1{,}38 + (-4) = 0{,}14 - 4 = -3{,}86.$

В соответствии с графиком (см.рис.7)

$\beta = 1{,}2 \text{ м}^{-1}.$

Параметр $\beta H = 1{,}2 \text{ м}^{-1} \cdot 8{,}35 \text{ м} = 10.$

Фактор времени $T_r = \frac{C_r t}{d_e^2} = \frac{5 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 0{,}2 \text{ год}}{(1{,}05 \cdot 1 \text{ м})^2} = 0{,}95.$

На основании графика (см.рис.9) степень консолидации Q_r равна 0,91 при мгновенном приложении уплотняющей нагрузки и 0,66 при возрастании нагрузки по линейному закону до $\overline{T}_r$ =0,4.

Пример 3.

Требуется определить шаг комбинированных дрен, обеспечивающий уплотнение основания до степени консолидации Q_r =0,9 за 0,5 года. Дрены размещаются в плане по триангулярной сетке. Коэффициент консолидации уплотняемого грунта C_r = 1 м^2/год, коэффициент фильтрации K_r = 9 м/год. Уплотняющая нагрузка прикладывается мгновенно и в процессе консолидации остается постоянной.

В соответствии с графиком рис.6,а параметр $\frac{C_r t}{d_e^2 \mathcal{F}(n)} = 0{,}28,$ а параметр $d_e^2 \mathcal{F}(n) = \frac{C_r t}{0{,}28} = \frac{1 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 0{,}5 \text{ год}}{0{,}28} = 1{,}79;$

а) для фильтра из галантерейной бумаги

$$\frac{K_r}{K_o} = \frac{9{,}0 \text{ м/год}}{3{,}11 \times 10^{-2} \text{ м/год}} = 290,$$

б) для фильтра из синтетической бумаги

$$\frac{K_r}{K_o} = 0.$$

На основании графика рис.6,б шаг дрен равен 0,5 м при применении комбинированных дрен с фильтром из галантерейной бумаги и 0,8 м при применении комбинированных дрен с фильтром из синтетической бумаги.

Пример 4.

Требуется определить шаг дрен из нетканого материала для условий, указанных в примере 3. Расчетная толщина уплотняемого слоя H = = 8,1 м.

Параметр $H\sqrt{\frac{K_r}{K_w}} = 0{,}06.$

Шаг комбинированных дрен с фильтром из синтетической бумаги d_c=0,8 м. На основании известных $H\sqrt{\frac{K_x}{K_w}}$ и d_c (см.рис.17) шаг дрен из нетканого материала $d_{т}$=0,4 м.

Приложение 6

Техническая характеристика материала типа Дорнит Ф-2

Показатели	Норма
Предел прочности на разрыв, кг/см^2	12
Относительное удлинение при разрыве, %	70
Коэффициент фильтрации при удельной нагрузке 1 кг/см^2, м/сут	60
Пористость, %	До 92
Толщина, мм	6

Синтетический материал Дорнит Ф-2 поставляется в тюках шириной до 2500 мм. Для изготовления ленточных дрен его разрезают на полосы шириной 100 мм.

Приложение 7

Форма журнала погружения ленточных дрен

Титульный лист

за период с____ __по_____

I.Наименование строительной организации _____

_____

2.Место и объект строительства_____

3.Глубина погружения дрен,м _____

проектная _____ фактическая _____

4.Тип дрены _____

5.Сечение дрены, см _____

6.Проектное расстояние между вертикальными дренами (расположение дрен в плане- квадратная или прямоугольная сетка), м_____

7.Планировочная отметка площадки _____

8.Длина ленточной дрены, м_____проектная_____фактическая____

9.Общая длина ленточных дрен,м _____

I0.Проектная высота песчаного дренирующего слоя, м_____

II.Общий объем песка для песчаного дренирующего слоя, $м^3$_____

I2.Площадь уплотнения, $м^2$_____

I3.Общий объем временной насыпи, $м^3$_____

I4.Удельное давление на грунт от временной насыпи, МПа

проектное _____ фактическое _____

I5.Высота временной насыпи (отметка верха насыпи), м._____

I6.Верхний конец дрены над грунтом, см_____

I7.Продолжительность выдержки временной насыпи, мес._____

I8.Тип установки для погружения дрен_____

В журнале (количество) страниц _____

Мастер

Наблюдатель

Приложение 8

СМЕННАЯ ВЕДОМОСТЬ
погружения ленточных дрен

№ п/п	№ дрен по проекту	Дата погружения дрены	Фактическая глубина погружения дрены	Примечания*

Всего за смену погружено шт. дрен пог.м

Мастер
Наблюдатель

* Указываются причины простоев установки, отклонение дрен от проектного положения в плане, места контрольного бурения, зондирования и лопастного сдвига.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3
2. Проектирование предпостроечного уплотнения оснований с применением вертикальных дрен 4
2.I. Инженерно-геологические исследования 4
2.2. Требования, предъявляемые к проекту предпостроечного уплотнения 8
2.3. Расчет конечных осадок оснований насыпей при предпостроечном уплотнении и инженерной подготовке территорий 9
2.4. Методы расчета консолидации оснований без дрен и с ленточными дренами. II
2.5. Проектирование фундаментов на предварительно уплотненных основаниях 26
2.6. Конструкции ленточных дрен и оборудование для их выпуска 28
3. Производство работ 30
4. Техническая документация на производство работ и приемка выполненных работ. 34
5. Требования по технике безопасности. 35
Приложения 36
Приложение I. Пример определения коэффициента консолидации . . 36
Приложение 2. Краткая характеристика установок для статического зондирования грунтов 38
Приложение 3. Пример расчета толщины песчаного слоя h_o для инженерной подготовки территории 39
Приложение 4. Пример расчета времени консолидации слоя водонасыщенного торфа без дрен при намыве песка. . . 40
Приложение 5. Примеры расчета степени консолидации оснований с ленточными дренами 4I
Приложение 6. Техническая характеристика материала типа Дорнит Ф-2 43
Приложение 7. Форма журнала погружения ленточных дрен. 44
Приложение 8. Сменная ведомость погружения ленточных дрен. . . 45

Научно исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДПОСТРОЕЧНОМУ УПЛОТНЕНИЮ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕНТОЧНЫХ ДРЕН

Отдел патентных исследований и научно-технической информации

Зав.отделом В.И.Кулачкин

Редактор Л.В. Пузанова

Л -54738. Подп. к печ.19/ IX-85 г. Заказ №1131

Формат 60 x 90 1/16. Усл.печ.л. 2,8. Усл. кр.-отт. 3,19.

Уч.-изд.л. 2,94. Тираж 500 экз. Цена 45 коп.

Производственные экспериментальные мастерские ВНИИИС Госстроя СССР

121471, Москва, Можайское шоссе, 25

gost.e-ecolog.ru