

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра оснований, фундаментов, динамики сооружений

и инженерной геологии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению курсовой работы

«Прогноз развития осадок оснований, сложенных водонасыщенными

пылевато-глинистыми грунтами, во времени»

по дисциплине «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» для направления 08.04.01 «Строительство»

Казань

2015

УДК 624.15,
ББК 38.58,
Х24

Х24 Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы «Прогноз развития осадок оснований, сложенных водонасыщенными пылевато-глинистыми грунтами, во времени» по дисциплине «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» для направления 08.04.01 «Строительство». Сост.: Хасанов Р.Р. – Казань, КГАСУ, 2015. – 24 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В учебно-методическом пособии изложены общие принципы и последовательность выполнения курсовой работы по расчету осадок оснований, сложенных водонасыщенными пылевато-глинистыми грунтами, во времени при различных случаях нагружения.

Учебно-методическое пособие предназначено для магистрантов строительных вузов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство».

Рецензент:

Кандидат технических наук, директор ООО «НППФ

«Фундаментспецремонт» **И.Ф.Шакиров**

УДК 624.15,
ББК 38.58,

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2015

© Хасанов Р.Р., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	5
2. УКАЗАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
3. РАСЧЕТ ОСАДОК УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ	6
3.1. Теория фильтрационной консолидации грунтов.....	6
3.2. Другие случаи одномерной задачи консолидации	10
4. РАСЧЕТ ОСАДОК ПОЛЗУЧЕСТИ ОСНОВАНИЙ ФУНДА МЕНТОВ ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ.....	12
5. ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ С ПРИМЕРАМИ РАСЧЕТА .	14
5.1. ЗАДАНИЕ №1. Прогноз осадки слоя торфяной залежи, подстилаемого малосжимаемым водопроницаемым грунтом и пригруженного намывными песками	14
5.2. ЗАДАНИЕ №2. Прогноз развития осадки плитного фундамента сооружения	16
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	19
Приложение 1	20
Приложение 2	22
Приложение 3	23

ВВЕДЕНИЕ

Осадки не заканчиваются за время строительства (исключение составляют лишь чистые пески); как правило, полная осадка для различных грунтов достигается в разное, иногда весьма длительное время (от нескольких лет до нескольких десятков лет).

На процесс протекания осадок во времени влияет как водопроницаемость грунтов (в условиях водонасыщения), так и ползучесть скелета грунта, а также деформируемость всех компонентов, составляющих грунты (поровой воды, включений воздуха, паров и газов, органических веществ и т.п.).

Водонасыщенные пластичные и особенно текучепластичные (слабые) глинистые грунты дают наибольшие осадки, часто весьма медленно затухающие, и создают наибольшие затруднения для строителей. Осадки оснований на этих грунтах могут достигать сотен сантиметров и протекать десятки и сотни лет.

Кроме того, очень важным показателем является скорость протекания осадок, т.к. различные строительные конструкции обладают в разной степени способностью перераспределять усилия, возникающие при неравномерных осадках оснований. При больших скоростях осадок могут иметь место хрупкие (аварийные) разрушения конструкций, при меньших – медленные деформации ползучести. Скорости осадок можно определить, лишь изучив протекание их во времени.

Одновременно с изучением программного теоретического материала по дисциплине «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» учебный план предусматривает выполнение магистрантами курсовой работы по прогнозированию развития осадок оснований во времени. Выполнение данной работы является одним из ответственных звеньев учебного процесса и имеет цель закрепить полученные теоретические знания, а также должно способствовать умелому применению этих знаний при инженерном решении задач проектирования оснований, фундаментов и подземных сооружений с учетом реологических свойств грунтов.

В процессе выполнения курсовой работы магистрант должен научиться пользоваться действующими Строительными нормами и правилами, руководствами, справочными и литературными материалами.

При выполнении курсовой работы рекомендуется пользоваться литературой, приведенной в конце данных методических указаний.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовая работа включает в себя 2 задания.

В задании №1 рассматривается прогноз осадки слоя торфяной залежи, подстилаемого малосжимаемым водопроницаемым грунтом и пригруженно-го намывными песками. Параметры рассчитываемого слоя торфяной залежи и намывных песков приведены в табл. 1.

В задании №2 рассматривается прогноз развития осадки плитного фундамента сооружения. Физико-механические свойства грунтов, геометрические размеры плитного фундамента и параметры прикладываемой нагрузки даны в табл. 3.

Курсовая работа выполняется по индивидуальному заданию, соответствующему трехзначному шифру, который задается преподавателем.

2. УКАЗАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выполненная и оформленная курсовая работа должна представлять собой пояснительную записку объемом 10-15 листов формата А4 (297×210 мм) и 1 лист чертежей формата А3 (297×420 мм). Эскизы и схемы должны быть выполнены карандашом либо с использованием компьютерной графики на листе формата А3.

В пояснительной записке приводится подробное описание решений задач в соответствии с рекомендованной последовательностью. Расчет должен производиться в системе СИ и сопровождаться схемами и эскизами. Записка пишется на лицевой стороне листа. Схемы и эскизы подшиваются. Страницы должны быть пронумерованы.

Схемы должны содержать следующее:

1. Расчетные схемы загружений грунтов с указанием величины нагрузки и эпюр напряжений.

2. Графики развития осадки оснований во времени.

3. РАСЧЕТ ОСАДОК УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВО ВРЕМЕНИ

Опыт строительства свидетельствует, что осадки сооружений в отдельных случаях протекают десятилетия и даже столетия. Замедление развития во времени осадок связано с фильтрационной (первичной) консолидацией и ползучестью (вторичной консолидацией) грунта.

Учет фильтрационной консолидации важен для маловодопроницаемых водонасыщенных грунтов. Скорость протекания фильтрационной осадки определяется, прежде всего, коэффициентом фильтрации грунта.

3.1. Теория фильтрационной консолидации грунтов [2]

В настоящее время для полностью водонасыщенных грунтов наиболее широко применяется теория, позволяющая решать задачи определения осадок оснований из водонасыщенных грунтов во времени, – теория фильтрационной консолидации грунтов.

Предпосылки теории фильтрационной консолидации:

- 1) рассматриваются полностью водонасыщенные грунты («грунтовая масса») с наличием в порах свободной, несжимаемой и гидравлически непрерывной воды;
- 2) скелет грунта принимается линейно деформируемым, напряжения в котором мгновенно вызывают его деформации;
- 3) грунт не обладает структурностью, и внешнее давление, прикладываемое к нему, в первый момент времени полностью передается на воду;
- 4) фильтрация воды в порах грунта полностью подчиняется закону Дарси.

Таким образом, теория фильтрационной консолидации грунтов применима для неуплотненных, полностью водонасыщенных (слабых) глинистых грунтов.

Дифференциальное уравнение одномерной задачи теории фильтрационной консолидации позволяет сформулировать (при сделанных выше предпосылках) задачу о протекании во времени осадок полностью водонасыщенного слоя грунта при уплотнении его сплошной равномерно распределенной нагрузкой в условиях односторонней фильтрации воды, полагая, что изменение расхода выдавливаемой из пор грунта воды с достаточной точностью определяется законом фильтрации, а соответствующее изменение пористости – законом уплотнения.

В начальный момент времени при отсутствии внешней нагрузки грунтовая масса находится в статическом состоянии, т.е. поровое давление воды равно нулю. Обозначим: p_w – поровое давление воды; p_z – давление, передающееся на твердые частицы (эффективное давление).

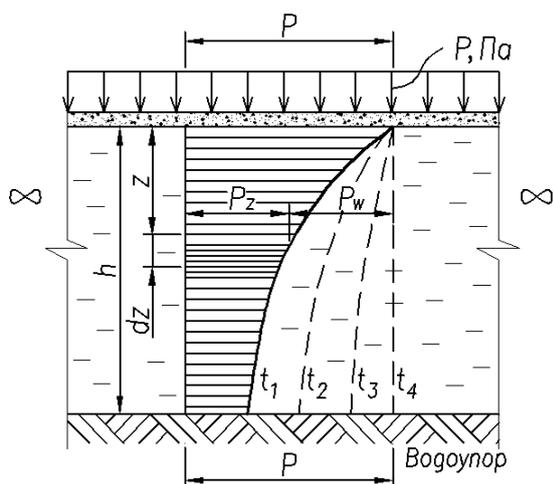


Рис. 1. Схема распределения давлений в скелете грунта (p_z) и в поровой воде (p_w) в водонасыщенном слое при сплошной нагрузке для разных промежутков времени

Очевидно, что

$$p_z + p_w = p, \quad (1)$$

т.е. для любого момента времени на любой глубине от дренирующей поверхности z (рис. 1) давление в поровой воде и давление в скелете равно внешнему давлению p .

В первый момент времени внешнее давление полностью передается на поровую воду (поровая вода считается несжимаемой при полном отсутствии в ней пузырьков воздуха и пара), но в последующие промежутки времени давление в воде будет уменьшаться, а в скелете грунта увеличиваться до тех пор, пока вся нагрузка не передастся на скелет грунта (см. модель сжатия грунтовой массы, рис. 2).

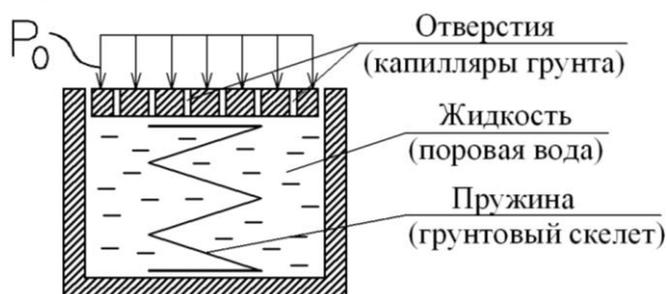


Рис. 2. Модель сжатия грунтовой массы

Для элементарного слоя dz на глубине z в грунтовой массе увеличение расхода воды q равно уменьшению пористости грунта n , т.е.

$$\frac{\partial q}{\partial z} = -\frac{\partial n}{\partial t}. \quad (2)$$

Это основное соотношение для вывода дифференциального уравнения консолидации является частным случаем условия неразрывности пространственной задачи движения грунтовых вод.

Для левой части уравнения (2), учитывая направление движения поровой воды, по закону фильтрации можно записать

$$q = -k_f \frac{\partial H}{\partial z}, \quad (3)$$

и, следовательно,

$$\frac{\partial q}{\partial z} = -k_f \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}. \quad (4)$$

Принимая во внимание, что напор в воде H равен давлению в воде p_w , деленному на ее удельный вес γ_w , и учитывая выражение (1), получим:

$$p_w = p - p_z; \quad H = p_w / \gamma_w \quad \text{или} \quad H = (p - p_z) / \gamma_w,$$

откуда

$$\frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = -\frac{1}{\gamma_w} \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2} \quad (5)$$

или, учитывая выражение (4), получим

$$\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{k_f}{\gamma_w} \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2}. \quad (6)$$

Для правой части уравнения (2), учитывая, что пористость грунта $n = e / (1 + e)$ и пренебрегая в знаменателе этого выражения изменением коэффициента пористости по сравнению с единицей, взяв некоторое среднее значение его e_{cp} , будем иметь

$$\frac{\partial n}{\partial t} \approx \frac{1}{1 + e_{cp}} \frac{\partial e}{\partial t}. \quad (7)$$

По закону уплотнения

$$\frac{\partial e}{\partial t} = -m_0 \frac{1}{1 + e_{cp}} \frac{\partial p_z}{\partial t}. \quad (8)$$

и, следовательно, для правой части уравнения (2) получим

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{m_0}{1 + e_{cp}} \frac{\partial p_z}{\partial t}. \quad (9)$$

Здесь $\frac{m_0}{1 + e_{cp}} = m_v$ – коэффициент относительной сжимаемости грунта,

причем m_0 – отношение изменения коэффициента пористости к производному давлению.

Подставив найденные значения $\partial q / \partial z$ и $\partial n / \partial t$ и перенеся постоянные величины в левую часть, получим

$$\frac{k_f}{m_v \gamma_w} \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2} = \frac{\partial p_z}{\partial t}. \quad (10)$$

Обозначив постоянный множитель левой части, который назовем коэффициентом консолидации грунта, через c_v , т.е.

$$c_v = k_f / (m_v \gamma_w), \quad (11)$$

окончательно будем иметь

$$c_v \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2} = \frac{\partial p_z}{\partial t}. \quad (12)$$

Уравнение (12) называется дифференциальным уравнением одномерной задачи теории фильтрационной консолидации (уплотнения) грунтовой

массы.

Принимая во внимание, что действующий напор

$$H = p_w / \gamma_w, \quad \text{а} \quad p_w = p - p_z,$$

дифференциальное уравнение консолидации для одномерной задачи можно представить в виде

$$\frac{\partial H}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}. \quad (13)$$

Как известно, решение дифференциального уравнения (12) находится путем применения рядов Фурье и удовлетворения начальным и граничным условиям.

Для случая равномерного (в стабилизированном состоянии) распределения уплотняющих давлений по глубине решение уравнения (12) может быть представлено в виде

$$p_z = p \left[1 - \frac{4}{\pi} \sin \frac{\pi z}{2h} e^{-N} - \frac{4}{3\pi} \sin \frac{3\pi z}{2h} e^{-9N} - \frac{4}{5\pi} \sin \frac{5\pi z}{2h} e^{-25N} - \dots \right], \quad (14)$$

где

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2} t. \quad (15)$$

Для ряда практических случаев существенное значение имеет давление в скелете грунта, передающееся на подстилающую скальную породу, т.е. давление при $z=h$, и пропорциональное этому давлению сопротивление сдвигу на контакте с подстилающей породой. Полагая в формуле (14) $z=h$ и ограничиваясь первым членом ряда, получим

$$p_h \approx p \left[1 - \frac{4}{\pi} e^{-N} \right], \quad (16)$$

а сопротивление сдвигу

$$\tau = p_h t g \varphi + c. \quad (17)$$

Однако, для практики наибольшее значение имеет формула осадки слоя грунта при сплошной нагрузке для любого промежутка времени от начала загрузки, т.е. осадка S_t .

Для определения этой величины введено понятие о степени консолидации (уплотнения).

Если принять степень консолидации, соответствующую полной стабилизированной осадке, за единицу и обозначить долю от полного уплотнения (т.е. степень консолидации для любого времени) через U , то ее значение найдем как отношение площади эпюры давлений в скелете грунта для времени t к площади полной (стабилизированной) эпюры давлений (при $t = \infty$).

Данное положение математически записывается в следующем виде:

$$U = \int_0^h \frac{p_z dz}{F_p}, \quad (18)$$

где F_p – площадь полной стабилизированной эпюры уплотняющих давлений (в рассмат-

риваемом случае $F_p = ph$).

Подставляя в уравнение (18) выражение для давлений в скелете грунта p_z из формулы (14), произведя далее интегрирование и учитывая пределы, после сокращений (обозначив для рассматриваемого основного случая степень консолидации через U_0) получим

$$U_0 = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \frac{1}{125} e^{-25N} + \dots \right). \quad (19)$$

Так как e^{-N} – правильная дробь, то для ряда практических случаев (например, при $U_0 > 0,25$) можно ограничиться первым членом ряда. Тогда будем иметь

$$U_0 = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N}.$$

Так как полному уплотнению соответствует полная стабилизированная осадка, а части уплотнения – осадка за время t , то степень консолидации (уплотнения) может быть выражена и следующим уравнением:

$$U = S_t / S, \quad (20)$$

где S_t – осадка за данное время;

S – полная стабилизированная осадка, например, определенная методом послойного суммирования.

Уравнение (20) можно переписать в виде

$$S_t = S \cdot U. \quad (21)$$

Для рассматриваемого случая получим

$$S_t = S \cdot U_0,$$

и для основного случая (равномерного распределения уплотняющих давлений по глубине) можно вычислить осадку для любого времени t :

$$S_t = hm_v p \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \right]. \quad (22)$$

Для облегчения расчетов в табл. П1.1 Приложения 1 настоящих методических указаний приведены значения e^{-x} в зависимости от x .

3.2. Другие случаи одномерной задачи консолидации [2]

Ранее был рассмотрен основной случай 0, когда эпюра уплотняющих давлений по глубине слоя грунта изображается прямоугольником (рис. 1), т.е. когда полное давление от действия внешней нагрузки на любой глубине не меняется (например, при действии сплошной нагрузки); другими важными для практики случаями будут случай 1, когда уплотняющее давление возрастает с глубиной по закону треугольника (рис. 3, б); случай 2, когда уплотняющее давление убывает с глубиной по закону треугольника (рис. 3, в).

Случай 1 (рис. 3, б) – линейное возрастание давлений с глубиной будет иметь место, например, при уплотнении грунта под действием его собственного веса, когда

$$p_z = (p/h)z.$$

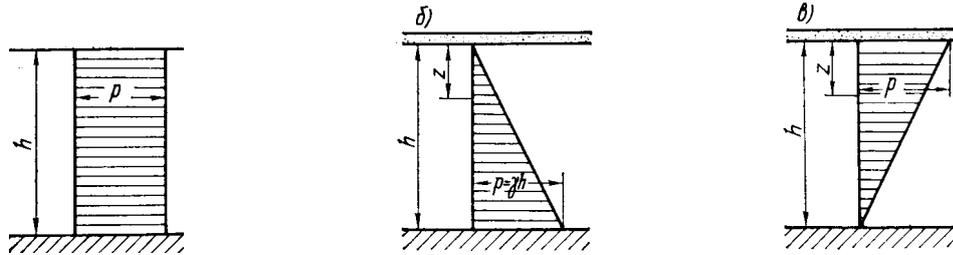


Рис. 3. Различные случаи распределения уплотняющих давлений по глубине для одномерной задачи

Решение дифференциального уравнения консолидации для рассматриваемого случая (с граничными условиями: $p_w=0$ при $z=0$ и $\partial p/\partial z=0$ при $z=h$) позволяет получить выражение для порового давления p_w , а по нему и степень консолидации U_1 , которая будет равна

$$U_1 = 1 - \frac{32}{\pi^3} \left(e^{-N} - \frac{1}{27} e^{-9N} + \frac{1}{125} e^{-25N} \mu \dots \right). \quad (23)$$

Тогда осадка слоя грунта под действием уплотняющих давлений, возрастающих с глубиной по треугольной эпюре, для любого времени t (учитывая, что среднее давление будет равно $p/2$) определится выражением

$$s_1 = \frac{hm_v p}{2} \left[1 - \frac{32}{\pi^2} \left(e^{-N} - \frac{1}{27} e^{-9N} \pm \dots \right) \right]. \quad (24)$$

Случай 2 (рис. 3, в) сводится к ранее рассмотренным случаям, так как

$$p_z = p - \frac{p}{h} z.$$

В результате решения дифференциального уравнения (12) и уравнения (18) для рассматриваемого случая получим

$$U_2 = 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} + \frac{1}{9} \left(1 + \frac{2}{3\pi} \right) e^{-9N} + \dots \right]. \quad (25)$$

Осадку для любого времени будет равна

$$s_2 = \frac{hm_v p}{2} \left\{ 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} + \frac{1}{9} \left(1 + \frac{2}{3\pi} \right) e^{-9N} + \dots \right] \right\}. \quad (26)$$

Для облегчения расчетов определены значения величин N в зависимости от степени консолидации U для различных случаев уплотняющих давлений: равномерного (случай 0) и изменяющихся по закону треугольника (случай 1 и 2) и составлена таблица [2] (табл. П1.2 Приложения 1 настоящих методических указаний).

Таблицей можно пользоваться также и при определении времени t , требуемого для заданной степени консолидации. Для этого задаются степенью консолидации (например, $U=0,2; 0,4; 0,6$ и т.д.), находят по табл. П1.2 соответствующее значение N и, используя зависимость для N [формула (15)], определяют время t , требуемое для заданной степени консолидации.

$$t = \frac{4h^2}{\pi^2 c_v} N_0. \quad (27)$$

4. РАСЧЕТ ОСАДОК ПОЛЗУЧЕСТИ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ (ВТОРИЧНАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ)

Степень консолидации грунтов, определяемая даже для полностью водонасыщенных грунтов, будет правильно отвечать процессу их уплотнения лишь до достижения консолидацией некоторого ее значения (разного для грунтов различной уплотненности и сжимаемости), так как при значительном времени уплотнения на процесс консолидации будут влиять как возникающие новые структурные водно-коллоидные связи, так и вторичные эффекты, обусловленные ползучестью минерального скелета грунта и тонких водно-коллоидных оболочек твердых частиц [2].

При загрузке внешней нагрузкой водонасыщенных грунтов вначале наблюдается мгновенное сжатие (адиабатическое, обусловленное сжимаемостью поровой воды), затем процесс фильтрационного уплотнения, обусловленный преимущественно выжиманием воды из пор грунта, и, наконец, добавляется процесс вторичной консолидации, или ползучести скелета грунта, обусловленный невосстанавливающимися сдвигами частиц, их агрегатов, водно-коллоидных оболочек и т.п., когда выжимание воды становится, весьма незначительным (рис.4) [2].

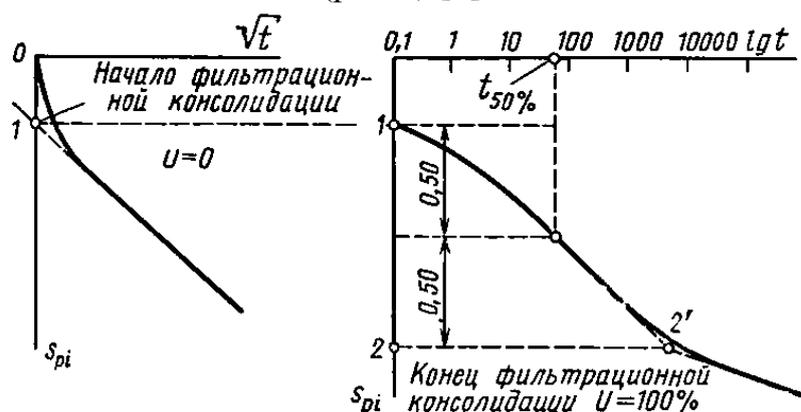


Рис. 4. Определение консолидационного этапа уплотнения водонасыщенных грунтов:
a – начало фильтрационной консолидации ($U=0$);
б – конец фильтрационной консолидации ($U=100\%$).

Таким образом, можно считать, что процесс уплотнения водонасыщенных грунтов будет определяться в основном фильтрационной консолидацией, а далее идет за счет вторичной консолидации.

Окончание процесса фильтрационной консолидации легко установить и экспериментально путем тщательного измерения избыточного порового давления. Если приращение порового давления практически будет равно нулю, то можно считать процесс фильтрационного уплотнения законченным, а продолжающуюся осадку следует рассматривать как деформацию ползучести скелета.

Свойством ползучести обладают пылевато-глинистые грунты, торфы, илы, мерзлые грунты, скальные породы. Для характеристики интенсивности ползучести грунта используют параметр ползучести b_k , определяемый при компрессионных испытаниях по формуле

$$b_k = \Delta\varepsilon_k / \ln(t/t_v), \quad (28)$$

где $\Delta\varepsilon_k = \Delta s_{kt} / h$ – деформация ползучести; Δs_{kt} – осадка ползучести, накопленная на временном участке $(t - t_v)$, см; h – высота образца, см; t – время уплотнения образца от начала его нагружения, сут; t_v – время окончания фильтрационной консолидации, сут.

Параметр ползучести b_k зависит от вида грунта и уровня нагрузки. В табл. П2.1 и П2.2. Приложения 2 приведены значения b_k для торфов и пылевато-глинистых грунтов [1].

В приближенных расчетах первичная и вторичная консолидации рассматриваются отдельно, и осадка основания s_t от действия сплошной нагрузки p для случая $t > t_v$ определяется выражением

$$s_t = s_v + s_{kt} = h m_v p + h b_k \ln(t/t_v), \quad (29)$$

где s_v – стабилизированная осадка фильтрационной консолидации, см; s_{kt} – осадка ползучести, см; m_v – коэффициент относительной сжимаемости, кПа⁻¹; h – сжимаемая толщина грунта, м.

Развитие деформаций во времени твердых, полутвердых и тугопластичных глинистых грунтов, скальных пород происходит, в основном, за счет ползучести их скелета, практически без возникновения давления в поровой воде. Для прогноза длительных осадок ползучести оснований фундаментов на период времени t , превышающий время окончания строительства t_e может быть использована схема метода послойного суммирования. При этом формула для определения осадки ползучести основания фундамента будет иметь вид

$$s_{kt} = \beta \sum_{i=1}^n h_i b_{ki} \ln(t/t_e), \quad (30)$$

где $\beta = 0,8$; h_i – мощность i -го слоя, м; b_{ki} – параметр ползучести грунта i -го слоя, зависящий от дополнительного давления в этом слое.

Полная осадка s_t , включающая осадку на момент окончания строительства s_e и осадку ползучести s_{kt} , определяется выражением

$$s_t = s_e + s_{kt}. \quad (31)$$

Формула (30) пригодна также для определения осадки ползучести основания фундамента после окончания фильтрационной консолидации, если $t_v > t_e$. Тогда в формуле (30) время окончания строительства t_e следует заменить на время окончания фильтрационной консолидации t_v .

5. ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ С ПРИМЕРАМИ РАСЧЕТА

5.1. ЗАДАНИЕ №1

Прогноз осадки слоя торфяной залежи, подстилаемого малосжимаемым водопроницаемым грунтом и пригруженного намывными песками

По условиям задачи слой торфяной залежи, подстилаемый малосжимаемым грунтом, пригружен намывными песками.

Требуется:

- определить осадки первичной (фильтрационной) консолидации слоя торфа и время, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 и 95% консолидации;
- определить осадки вторичной консолидации (ползучести) слоя торфа через различные промежутки времени: 1, 10, 30 и 50 лет;
- построить кривую длительной осадки торфа по значениям осадки s_t и времени t в полулогарифмической шкале.

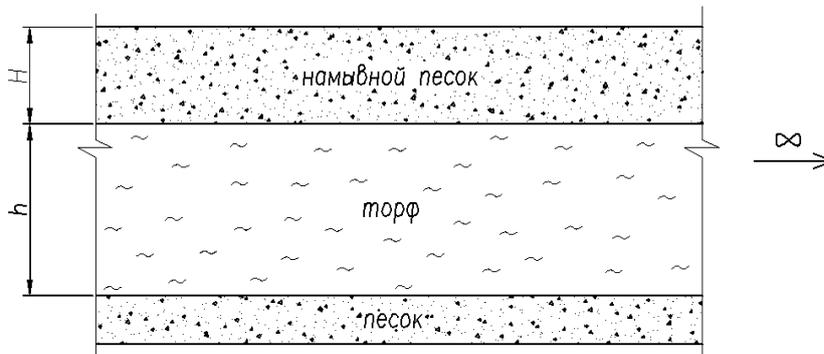


Рис. 5. Геологический разрез к задаче №1

Таблица 1

Исходные данные для задания №1

Наименование параметра	Цифры шифра задания				
	1	2	3	4	5
Мощность слоя намывного песка H , м (по первой цифре шифра)	2	2,5	3	2,7	3,1
Удельный вес песка γ , кН/м ³ (по второй цифре шифра)	18	17,5	17	18,3	16,8
Мощность слоя торфа h , м (по третьей цифре шифра)	4	3,5	5,5	4,5	4,8
Коэффициент относительной сжимаемости торфа m_v , кПа ⁻¹ (по первой цифре шифра)	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$
Коэффициент фильтрации торфа k_f , см/с (по второй цифре шифра)	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Степень разложения торфа, Q , % (по третьей цифре шифра)	10	20	30	40	35

Пример расчета к заданию №1 [1]

Исходные данные:

- мощность слоя намывного песка $H = 3$ м;
- удельный вес намывного песка $\gamma = 18,0$ кН/м³;
- мощность слоя торфа $h = 4$ м;
- коэффициент относительной сжимаемости торфа $m_v = 4,1 \cdot 10^{-3}$ кПа⁻¹;
- коэффициент фильтрации торфа $k_f = 3,5 \cdot 10^{-6}$ см/с = 1,11 м/год;
- степень разложения торфа $Q = 37\%$.

Расчет:

1) *Определение осадки первичной (фильтрационной) консолидации слоя торфа и времени, соответствующего 10, 30, 50, 70, 90 и 95% консолидации.*

Определяем давление, производимое на торф намывными песками,

$$p = \gamma H = 18,0 \cdot 3 = 54 \text{ кПа.}$$

По формуле (29) находим стабилизированную осадку фильтрационной консолидации

$$s_v = h m_v p = 400 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 54 = 88,6 \text{ см.}$$

Коэффициент консолидации определяем по формуле (11)

$$c_v = k_f / (m_v \gamma_w) = 1,11 / (4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10) = 27 \text{ м}^2/\text{год.}$$

Т.к. уплотнение торфа происходит от действия сплошной нагрузки, то фильтрационную консолидацию рассматриваем для случая 0 (см. табл. П1.2). Учитывая, что верхняя и нижняя границы торфа являются дренирующими, т.е. фильтрационный поток двухсторонний, время t определяем на основе формулы (27)

$$t = \left(\frac{4h^2}{\pi^2 c_v} N_0 \right) / 2 = 4 \cdot 4^2 \cdot N_0 / (2 \cdot 3,14^2 \cdot 27) = 0,06 N_0, \text{ лет.}$$

Находим время 95%-ной фильтрационной консолидации торфа (для $U=0,95$ по табл. П1.2 $N_0 = 2,8$)

$$t_v = 0,06 N_0 = 0,06 \cdot 2,8 = 0,168 \text{ года.}$$

Результаты расчетов осадки первичной консолидации слоя торфа и времени, соответствующего 10, 30, 50, 70 и 90% консолидации приведены в табл. 2.

2) *Определение осадки вторичной консолидации (ползучести) слоя торфа через различные промежутки времени: 1, 10, 30 и 50 лет.*

Осадку вторичной консолидации (ползучести) торфа определяется вторым слагаемым формулы (29). По табл. П2.1 с учетом интерполяции находим параметр ползучести верхового торфа $b_k = 0,0146$ для $p = 54$ кПа и $Q > 30\%$.

$$s_{kt} = h b_k \ln(t / t_v) = 400 \cdot 0,0146 \cdot \ln(t / t_v) = 5,85 \cdot \ln(t / t_v), \text{ см.}$$

Расчет параметров вторичной консолидации сведен в табл. 2.

Фильтрационная осадка торфа за 0,168 года составила 84,2 см, а осадка ползучести за 49,8 лет – 33,3 см.

Таблица 2

	Первичная консолидация						Осадка ползучести			
	10	30	50	70	90	95	-	-	-	-
$U, \%$	10	30	50	70	90	95	-	-	-	-
N_0	0,02	0,17	0,49	1,00	2,09	2,80	-	-	-	-
$t=0,06N_0, \text{ ГОД}$	0,001 (9 ч)	0,01 (4 сут)	0,029 (11 сут)	0,06 (22 сут)	0,125 (46 сут)	0,168 (61 сут)	1	10	30	50
$\ln t$	-6,9	-4,6	-3,54	-2,81	-2,08	-1,78	0	2,3	3,4	3,9
$s_{vt} = U \cdot s_v, \text{ см}$	8,9	26,6	44,3	62,0	79,7	84,2	-	-	-	-
$\ln(t/t_v)$	-	-	-	-	-	-	1,78	4,08	5,18	5,7
$s_{kt} = 5,85 \cdot \ln(t/t_v)$	-	-	-	-	-	-	10,4	23,9	30,3	33,3
Суммарная первичная и вторичная консолидация										
$s_t = s_{vt} + s_{kt}, \text{ см}$	8,9	26,6	44,3	62,0	79,7	84,2	95	108	115	118

По значениям осадки s_t и времени t в полулогарифмической шкале построим график длительной осадки торфа.

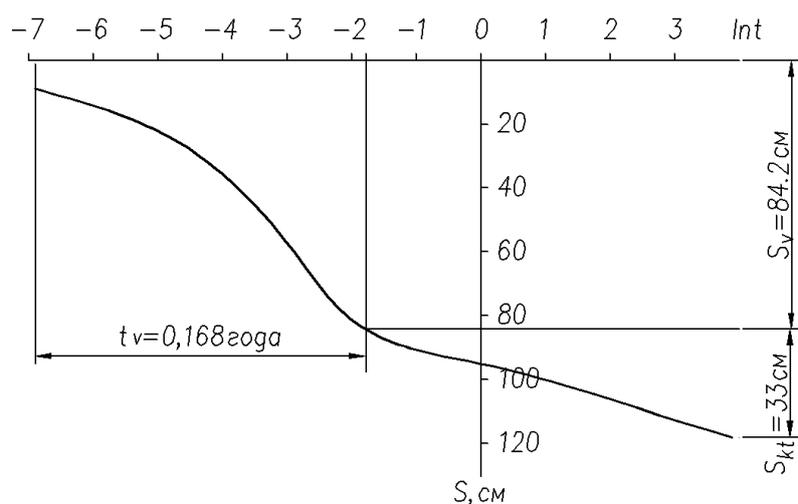


Рис. 6. График развития осадок во времени, построенный по полученным данным

5.2. ЗАДАНИЕ №2

Прогноз развития осадки плитного фундамента сооружения

Под высотное сооружение запроектированы фундаменты в виде сплошной монолитной плиты, основанием которой служат пылевато-глинистые грунты.

Требуется:

Выполнить прогноз развития осадок плитного фундамента на период эксплуатации сооружения ($t=50$ лет), если известно, что продолжительность строительства составляет t_e лет, и осадка основания на период окончания строительства равна s_e .

Исходные данные для задания №2

Наименование параметра	Цифры шифра задания				
	1	2	3	4	5
Вид глинистого грунта (по первой цифре шифра)	глина	суглинок	супесь	суглинок	глина
Удельный вес грунта γ , кН/м ³ (по второй цифре шифра)	18	17,5	17	18,3	16,8
Размеры фундамента в плане, м×м (по третьей цифре шифра)	6×6	8×8	9×9	6×6	10×10
Глубина заложения фундамента d , м (по первой цифре шифра)	1,5	2,0	1,5	2,0	2,5
Давление под подошвой фундамента p , кПа (по второй цифре шифра)	200	280	300	350	340
Продолжительность строительства t_e , год (по третьей цифре шифра)	1	0,7	0,5	1,5	0,8
Осадка основания на период окончания строительства s_e , см (по первой цифре шифра)	3	4	2,7	4,6	3,2

Пример расчета к заданию №2 [1]

Исходные данные:

- грунт основания – суглинок;
- удельный вес грунта $\gamma=19\text{кН/м}^3$;
- размеры фундамента в плане $6\times 6\text{м}$;
- глубина заложения фундамента $d=2,0\text{ м}$;
- давление под подошвой фундамента $p=300\text{кПа}$;
- продолжительность строительства $t_e = 1\text{ год}$;
- осадка основания на период окончания строительства $s_e=4,1\text{ см}$;
- параметр ползучести:
 - при $p=100\text{кПа}$ $b_k=4\times 10^{-4}$;
 - при $p=200\text{кПа}$ $b_k=7\times 10^{-4}$;
 - при $p=300\text{кПа}$ $b_k=9\times 10^{-4}$.

Расчет:

Определяем дополнительное давление

$$P_0 = p - \gamma_{II} \cdot d = 300 - 19 \cdot 2,0 = 262 \text{ кПа.}$$

Принимаем мощность отдельного слоя $h_i = 0,4b = 0,4 \cdot 6 = 2,4\text{ м}$.

Определение природных и дополнительных давлений на границах отдельных слоев приведено в табл.4. По величине среднего дополнительного напряжения в каждом слое подсчитано по интерполяции значение параметра ползучести b_{ki} .

Таблица 4

№№ слоев	Грунт	z, м	$\xi=2z/b$	α	σ_{zgi} , кПа	σ_{zpi} , кПа	$\sigma_{zp,срi}$, кПа	b_{ki}
0	Суглинок	0	0	1,0	38	262		
1		2,4	0,8	0,8	84	210	236	$7,7 \times 10^{-4}$
2		4,8	1,6	0,45	129	118	164	$5,9 \times 10^{-4}$
3		7,2	2,4	0,26	175	68	93	$3,8 \times 10^{-4}$
4		9,6	3,2	0,16	220	42	55	$2,7 \times 10^{-4}$
5		12	4,0	0,11	266	29	36	$2,1 \times 10^{-4}$

Выполним прогноз осадки ползучести основания, сложенного глинистым грунтом для моментов времени $t_i=5; 10; 30$ и 50 лет. Расчет производим по формуле (30). Подсчет осадок ползучести s_{kti} отдельных слоев для различных промежутков времени показан в табл.5.

Таблица 5

z, м	$s_{kt} = \beta \cdot h_i \cdot b_{ki} \ln(t/t_e)$, см, при t, годы			
	$t_1=5$	$t_2=10$	$t_3=30$	$t_4=50$
	$\ln(5/1)=1,61$	$\ln(10/1)=2,3$	$\ln(30/1)=3,4$	$\ln(50/1)=3,9$
2,4	$0,8 \times 0,18 \times 1,61 = 0,23$	$0,8 \times 0,18 \times 2,3 = 0,33$	$0,8 \times 0,18 \times 3,4 = 0,49$	$0,8 \times 0,18 \times 3,9 = 0,56$
4,8	$0,8 \times 0,14 \times 1,61 = 0,18$	$0,8 \times 0,14 \times 2,3 = 0,26$	$0,8 \times 0,14 \times 3,4 = 0,38$	$0,8 \times 0,14 \times 3,9 = 0,44$
7,2	$0,8 \times 0,09 \times 1,61 = 0,12$	$0,8 \times 0,09 \times 2,3 = 0,17$	$0,8 \times 0,09 \times 3,4 = 0,24$	$0,8 \times 0,09 \times 3,9 = 0,28$
9,6	$0,8 \times 0,06 \times 1,61 = 0,08$	$0,8 \times 0,06 \times 2,3 = 0,11$	$0,8 \times 0,06 \times 3,4 = 0,16$	$0,8 \times 0,06 \times 3,9 = 0,19$
12	$0,8 \times 0,05 \times 1,61 = 0,06$	$0,8 \times 0,05 \times 2,3 = 0,09$	$0,8 \times 0,05 \times 3,4 = 0,14$	$0,8 \times 0,05 \times 3,9 = 0,16$
	$s_{kt1} = \sum = 0,67 \text{ см}$	$s_{kt2} = \sum = 0,96 \text{ см}$	$s_{kt3} = \sum = 1,41 \text{ см}$	$s_{kt4} = \sum = 1,63 \text{ см}$

Подсчет полной осадки основания фундамента выполнен по формуле (31) и показан в табл.6., а график осадки – на рис. 8.

Таблица 6

t_i , ГОДЫ	5	10	30	50
s_{kti}	0,67	0,96	1,41	1,63
$s_t = s_e + s_{kt}$	4,77	5,06	5,51	5,73

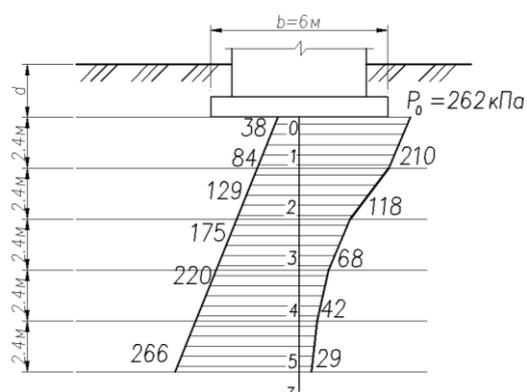


Рис.7. Схема к расчету осадки фундамента

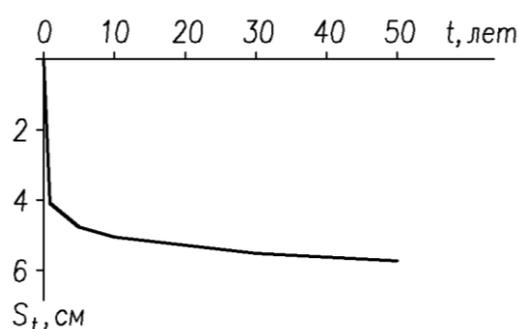


Рис.8. График развития во времени осадки фундамента

Как видно из расчетов, длительная осадка ползучести основания составляет 40% к моменту окончания строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Далматов Б.И., Бронин В.Н., Голли А.В., Карлов В.Д., Мангушев Р.А., Морарескул Н.Н., Сахаров И.И., Сотников С.Н., Улицкий В.М., Фадеев А.Б.** Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учеб. пособие/ Под ред. Б.И.Далматова; 2-е изд. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 440 с.: ил.
2. **Цытович Н.А.** Механика грунтов: Учебник для строит. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1983. – 288 с.
3. **Вялов С.С.** Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строит. вузов. – М.: Высш.шк., 1978. – 447 с.
4. **Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В.** Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2002. - 566с.: ил.

Приложение 1

Таблица П1.1

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
1	2	3	4	5	6
0,000	1,000	0,45	0,638	0,99	0,372
0,001	0,999	0,46	0,631	1,00	0,368
0,002	0,998	0,47	0,625	1,01	0,364
0,003	0,991	0,48	0,619	1,02	0,351
0,004	0,996	0,49	0,613	1,03	0,357
0,005	0,995	0,50	0,607	1,04	0,353
0,006	0,994	0,51	0,601	1,05	0,350
0,007	0,993	0,52	0,595	1,06	0,346
0,008	0,992	0,53	0,589	1,07	0,343
0,009	0,991	0,54	0,583	1,08	0,340
0,01	0,990	0,55	0,577	1,09	0,336
0,02	0,980	0,56	0,571	1,10	0,333
0,03	0,970	0,57	0,566	1,11	0,330
0,04	0,961	0,58	0,560	1,12	0,326
0,05	0,951	0,59	0,554	1,13	0,323
0,06	0,942	0,60	0,549	1,14	0,320
0,07	0,932	0,61	0,543	1,15	0,317
0,08	0,923	0,62	0,538	1,16	0,313
0,09	0,914	0,63	0,533	1,17	0,310
0,10	0,905	0,64	0,527	1,18	0,307
0,11	0,896	0,65	0,522	1,19	0,304
0,12	0,887	0,66	0,517	1,20	0,301
0,13	0,878	0,67	0,512	1,21	0,298
0,14	0,869	0,68	0,507	1,22	0,295
0,15	0,861	0,69	0,502	1,23	0,292
0,16	0,852	0,70	0,497	1,24	0,289
0,17	0,844	0,71	0,492	1,25	0,286
0,18	0,835	0,72	0,487	1,26	0,284
0,19	0,827	0,73	0,482	1,27	0,281
0,20	0,819	0,74	0,477	1,28	0,278
0,21	0,811	0,75	0,472	1,29	0,275
0,22	0,803	0,76	0,467	1,30	0,273
0,23	0,795	0,77	0,463	1,31	0,270
0,24	0,787	0,78	0,458	1,32	0,267
0,25	0,779	0,79	0,454	1,33	0,264
0,26	0,771	0,80	0,449	1,34	0,262
0,27	0,763	0,81	0,445	1,35	0,259
0,28	0,756	0,82	0,440	1,36	0,257
0,29	0,748	0,83	0,436	1,37	0,254
0,30	0,741	0,84	0,431	1,38	0,252
0,31	0,733	0,85	0,427	1,39	0,249
0,32	0,726	0,86	0,423	1,40	0,247
0,33	0,719	0,87	0,419	1,41	0,244
0,34	0,712	0,88	0,415	1,42	0,242
0,35	0,705	0,89	0,411	1,43	0,239

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
0,36	0,698	0,90	0,407	1,44	0,237
0,37	0,691	0,91	0,403	1,45	0,235
0,38	0,684	0,92	0,399	1,46	0,232
0,39	0,677	0,93	0,394	1,47	0,230
0,40	0,670	0,94	0,391	1,48	0,228
0,41	0,664	0,95	0,387	1,49	0,225
0,42	0,657	0,96	0,383	1,50	0,223
0,43	0,651	0,97	0,379	1,51	0,211
0,44	0,644	0,98	0,375	1,52	0,219
1,53	0,217	1,78	0,169	2,03	0,131
1,54	0,214	1,79	0,167	2,04	0,130
1,55	0,212	1,80	0,165	2,05	0,129
1,56	0,210	1,81	0,164	2,06	0,127
1,57	0,208	1,82	0,162	2,07	0,126
1,58	0,206	1,83	0,160	2,08	0,125
1,59	0,204	1,84	0,159	2,09	0,124
1,60	0,202	1,85	0,157	2,10	0,122
1,61	0,200	1,86	0,156	2,15	0,116
1,62	0,198	1,87	0,154	2,20	0,111
1,63	0,196	1,88	0,152	2,25	0,105
1,64	0,194	1,89	0,151	2,30	0,100
1,65	0,192	1,90	0,150	2,35	0,095
1,66	0,190	1,91	0,148	2,40	0,091
1,67	0,188	1,92	0,147	2,45	0,086
1,68	0,186	1,93	0,145	2,50	0,082
1,69	0,185	1,94	0,144	2,55	0,078
1,70	0,183	1,95	0,142	2,6	0,074
1,71	0,181	1,96	0,141	2,7	0,067
1,72	0,179	1,97	0,140	2,8	1,061
1,73	0,177	1,98	0,138	2,9	0,055
1,74	0,176	1,99	0,137	3,0	0,050
1,75	0,174	2,00	0,135	4,0	0,018
1,76	0,172	2,01	0,134	5,0	0,007
1,77	0,170	2,02	0,133	6,0	0,002
				7,0	0,001
				10,0	0,000

Таблица П1.2.

Значения N для вычисления осадок грунта как функции времени

$U = \frac{S_t}{S}$	Величины N для случаев			$U = \frac{S_t}{S}$	Величины N для случаев		
	0	1	2		0	1	2
0,05	0,005	0,06	0,002	0,55	0,59	0,84	0,32
0,10	0,02	0,12	0,005	0,60	0,71	0,95	0,42
0,15	0,04	0,18	0,01	0,65	0,84	1,10	0,54
0,20	0,08	0,25	0,02	0,70	1,00	1,24	0,69
0,25	0,12	0,31	0,04	0,75	1,18	1,42	0,88
0,30	0,17	0,39	0,06	0,80	1,40	1,64	1,08
0,35	0,24	0,47	0,09	0,85	1,69	1,93	1,36
0,40	0,31	0,55	0,13	0,90	2,09	2,35	1,77
0,45	0,39	0,63	0,18	0,95	2,80	3,17	2,54
0,50	0,49	0,73	0,24	1,00	∞	∞	∞

Приложение 2

Таблица П2.1

Значения параметра ползучести b_k для торфов

Давление p , кПа	Тип торфа							
	Верховой			Переходной		Низинный		
	Степень разложения							
	$Q < 20\%$	$20\% \leq Q < 30\%$	$Q \geq 30\%$	$Q < 20\%$	$20\% \sim Q \sim 30\%$	$Q < 20\%$	$20\% \sim Q \sim 30\%$	$Q \geq 30\%$
10	0,0067	0,0091	0,0054	0,0054	0,0063	0,0041	0,0058	0,0058
30	0,0164	0,0147	0,0121	0,0157	0,0170	0,0097	0,0179	0,0147
80	0,0257	0,0236	0,0173	0,0257	0,0220	0,0281	0,0248	0,0275

Таблица П2.2

Значения параметра ползучести b_k для пылевато-глинистых грунтов

Вид грунта	Значения b_k при интенсивности давления p , кПа			
	100	200	300	500
Супесь	$(1 \dots 3) \cdot 10^{-4}$	$(1 \dots 5) \cdot 10^{-4}$	$(2 \dots 6) \cdot 10^{-4}$	$(2 \dots 8) \cdot 10^{-4}$
Суглинок	$(2 \dots 5) \cdot 10^{-4}$	$(4 \dots 9) \cdot 10^{-4}$	$(5 \dots 11) \cdot 10^{-4}$	$(6 \dots 16) \cdot 10^{-4}$
Глина	$(3 \dots 7) \cdot 10^{-4}$	$(6 \dots 12) \cdot 10^{-4}$	$(8 \dots 16) \cdot 10^{-4}$	$(10 \dots 22) \cdot 10^{-4}$

Коэффициент α при определении осадки

$\xi=2z/b$	Коэффициент α для фундаментов							
	круглых	прямоугольных с соотношением сторон равным $\eta=l/b$						ленточных ($\eta>10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,128	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Примечания: 1. Здесь l – длина фундамента, b – ширина (диаметр) фундамента.

2. Для фундаментов с подошвой в форме правильного многоугольника с площадью A , значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$.

3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется по интерполяции.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению курсовой работы «Прогноз развития осадок оснований, сложенных водонасыщенными пылевато-глинистыми грунтами, во времени» по дисциплине «Реологические параметры грунтов и расчеты оснований сооружений» для направления 08.04.01 «Строительство»

Составитель:

Рубис Раисович ХАСАНОВ

Редактор: Н.Х.Михайлова

Редакционно-издательский отдел

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать *08.02.15*

Заказ №*68*

Бумага тип №1

Печать RISO

Тираж 50 экз.

Формат 60×84/16

Усл.-печ.л. 1,5

Учетн.-изд.л. 1,5

Печатно-множительный отдел КГАСУ

420043, Казань, Зеленая, 1