

Федеральное агентство по образованию (Рособразование)  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА»

Кафедра ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, МЕХАНИКИ ГРУНТОВ,  
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

# **МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

Методические указания к курсу,  
задания и методические указания  
к контрольной работе  
для студентов-заочников III курса  
специальностей: «Промышленное и гражданское  
строительство» 270102.65 (290300),  
«Городское строительство и хозяйство»  
270105.65 (290500),  
«Механизация и автоматизация в строительстве»  
270113.65 (291300)

МОСКВА

Федеральное агентство по образованию (Рособразование)  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА»

Кафедра ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ, МЕХАНИКИ ГРУНТОВ,  
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

# МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к курсу,  
задания и методические указания к контрольной работе  
для студентов-заочников III курса специальностей:  
«Промышленное и гражданское строительство» 270102.65 (290300),  
«Городское строительство и хозяйство» 270105.65 (290500),  
«Механизация и автоматизация в строительстве» 270113.65 (291300)

Студент \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_

Факультет \_\_\_\_\_ Курс \_\_\_\_\_ Учебный год \_\_\_\_\_



Издательско-полиграфический центр

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСУ**

### **Составители:**

**А.Г. Петухов**, д-р техн. наук, доц.  
**А.В. Гаврилов**, канд. техн. наук, доц.  
**Л.М. Ковалева**, ст. преп.  
**С.А. Макаров**, инж.

### **Зав. кафедрой**

**Н.А. Филькин**, канд. геол.-минералог. наук, доц.

### **Рецензент**

**А.М. Воронин**, канд. геол.-минералог. наук, доц. (МИКХиС)

Механика грунтов является теоретической базой фундаментостроения. Применение положений современной механики грунтов в проектной и производственной практике позволяет более полно использовать прочностные и деформативные свойства грунтов оснований, выбирать наиболее экономичные и технически целесообразные типы оснований и конструкции фундаментов, подходить к их расчету и составлению проекта организации работ «нулевого цикла».

Одним из важнейших звеньев учебного процесса, способствующих углублению и закреплению теоретических и практических знаний, полученных студентами за время обучения, является выполнение контрольных работ. Студент должен научиться самостоятельно работать с ГОСТами и СНиПами, инструкциями, справочниками и другой литературой по строительному проектированию.

### **Общие сведения**

Приступая к изучению дисциплины, студент должен ясно представлять себе становление и развитие механики грунтов как важнейшей части геомеханики. Необходимо знать задачи механики грунтов и методы их решения, а также место механики грунтов среди других разделов общей механики. Следует ознакомиться с дальнейшими перспективами развития механики грунтов на основе геомеханики и общей механики.

Литература: [1, с. 7–10]; [2, с. 6–12].

## **Раздел I. Основные закономерности механики грунтов**

Для изучения задач механики грунтов недостаточно знать закономерности строительной механики – их необходимо дополнить знанием закономерностей, присущих только грунтам. К таким ос-

новным закономерностям относятся: закон уплотнения, характеризующий сжимаемость грунтов, закон фильтрации, определяющий водопроницаемость грунтов, и закон трения, характеризующий сопротивление грунтов сдвигу.

Следует знать особенности напряженно-деформированного состояния грунтов при сжатии в условиях невозможности бокового расширения, ограниченного бокового расширения, при свободном расширении и при циклических нагрузках. Необходимо усвоить принципы и методы определения характеристик сжимаемости грунтов как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Вопрос о сопротивлении грунтов сдвигу и о характеризующих его закономерностях является чрезвычайно важным для практики строительства. Надо обратить внимание на природу внутреннего трения и сцепления в грунтах, знать принципы методики определения показателей сопротивления грунтов сдвигу в лабораторных и полевых условиях. Полезно иметь представление о предельных значениях прочностных и деформационных характеристик наиболее часто встречающихся разновидностей грунтов.

Литература: [1, с. 28–69]; [2, с. 80–125]; [3, с. 23–53].

## **Раздел II. Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельных состояниях**

Изучая данную тему, следует обратить внимание на механические процессы, возникающие в грунтах при действии местной постепенно возрастающей нагрузки. При этом важно знать графики зависимости осадки от давления для различных режимов загрузки, иметь понятие о фазах напряженного состояния грунтов: уплотнения и сдвигов. Необходимо различать два характерных давления на грунты основания, при достижении которых резко меняется поведение грунта: первое, соответствующее началу перехода фазы уплотнения в фазу сдвигов, второе, когда исчерпывается несущая способность грунтового основания.

Литература: [1, с. 112–116, 120]; [2, с. 58–79]; [3, с. 57–67].

## **Раздел III. Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта**

Студент должен иметь отчетливое представление об основных допущениях и пределах применимости теории линейно-деформируемой среды для определения напряжений в грунтах. Необходимо отметить, что принцип линейной деформируемости грунтов является одним из основных в современной механике грунтов, на нем основано большинство расчетов по определению напряжений и деформаций оснований сооружений.

Прежде всего следует научиться определять напряжение от собственного веса грунта (природное давление). Затем следует перейти к определению напряжений от действия сосредоточенной силы, приложенной на поверхности линейно-деформируемого полупространства (задача Буссинеска), равномерно распределенной по площадкам ограниченных размеров. Хорошо усвоив этот материал, можно перейти к определению напряжений по методу угловых точек, позволяющему легко установить сжимающие напряжения в любой точке массива, рассмотреть способы суммирования напряжений от различных нагрузок, распределение напряжений в случае плоской задачи, распределение напряжений в слое ограниченной толщины на жестком основании.

Важно понимать влияние размеров и формы площади загрузки, неоднородности и анизотропии основания на характер и величину напряжений в грунтах, это является необходимым условием для правильной оценки работы грунтов в основании сооружений.

Необходимо также знать способы графического изображения напряженного состояния грунтов: линии одинаковых напряжений (изобары) и эпюры напряжений в горизонтальных и вертикальных сечениях массива грунта.

Для наиболее полного усвоения и закрепления изучаемого материала в данной теме рекомендуется внимательно проработать примеры, приведенные в [1].

Литература: [1, с. 76–111]; [2, с. 125–145]; [3, с. 67–98].

## **Раздел IV. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения**

При изучении данной темы студент должен твердо усвоить условия предельного равновесия в точке и во всем нагруженном массиве для сыпучих и связных грунтов, критические нагрузки на грунты основания. Следует обратить внимание на начальную и предельную критические нагрузки на грунт, влияние свойств грунтов, размеров фундамента и глубины его заложения на величину предельной нагрузки на грунт.

Следует тщательно разобраться в вопросах приложения теории предельного напряженного состояния к оценке устойчивости откосов, склонов и массивов грунта при оползнях, а также давлении грунтов на ограждения. При рассмотрении методов расчета устойчивости откосов и склонов необходимо более тщательно и детально изучить графоаналитические методы, научиться учитывать влияние давления фильтрационного потока на устойчивость откоса.

Теория давления грунтов на ограждения является важнейшим вопросом механики грунтов. Следует усвоить основные понятия и терминологию при расчетах ограждающих конструкций, уметь аналитически определять давление грунта на подпорные стенки, включая и частные случаи их очертания, наклона поверхностей насыпки и неоднородности грунтов, ознакомиться с графическими методами определения давления грунтов на подпорные стенки.

Необходимо иметь представление о давлении грунтов на подземные трубопроводы и сооружения, знать способы определения давления грунта на трубопроводы, укладываемые в траншеях, под насыпями.

Литература: [1, с. 111–171]; [2, с. 145–188]; [3, с. 121–168].

## **Раздел V. Деформация грунтов и расчет осадок фундаментов**

Вопрос об определении деформации грунтов является весьма важным, так как на его решении базируется прогрессивный метод расчета фундаментов сооружений по предельным деформа-

циям оснований, который при полной гарантии безопасности дает и значительный экономический эффект. В настоящее время этот метод широко применяется в отечественной проектной практике.

При изучении этой темы студент должен прежде всего ознакомиться с видами деформаций грунтов и обслуживающими их физическими причинами, разобраться в решении основной задачи теории уплотнения грунтов – определении осадки слоя грунта при сплошной нагрузке. Надо детально изучить и освоить существующие методы расчета осадок фундаментов: метод послойного суммирования осадок отдельных слоев в пределах сжимаемой толщи основания с использованием расчетной схемы в виде упругого линейно-деформируемого полупространства, метод использования расчетной схемы в виде линейно-деформируемого (упругого) слоя конечной толщины, метод эквивалентного слоя грунта, базирующийся на теории линейно-деформируемых тел. Необходимо знать, какие факторы влияют на величину мощности сжимаемой (активной) толщи грунта и величину осадки сооружения, научиться определять осадку фундамента с учетом влияния давлений в основании, вызванных нагрузкой от соседних фундаментов. Следует помнить, что величина осадки (деформации) основания определяется из условия совместной работы фундамента, сооружения и его основания.

Необходимо обратить внимание на сравнение расчетных осадок фундаментов с действительными по данным непосредственных наблюдателей. Предельные величины средних осадок отдельных фундаментов, относительный прогиб, крен и другие предельные величины деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений приведены в СНиП 2.02.01-83, с основными положениями которого студент должен ознакомиться в процессе изучения теоретической части курса.

Важно освоить также расчет осадок фундаментов во времени методом теории фильтрационной консолидации. Следует обратить особое внимание на различный характер уплотнения глинистых и песчаных грунтов во времени.

Литература: [1, с. 171–229]; [2, с. 188–228]; [3, с. 111–121; 168–228].

## **Раздел VI. Реологические процессы в грунтах и их прогноз**

Приступая к изучению этой темы, студент должен иметь четкое представление о том, что возникающие в грунтах под действием внешней нагрузки напряжения и деформации не остаются постоянными, а с течением времени изменяются. Необходимо прежде всего рассмотреть физические причины, обуславливающие протекание основных реологических процессов в глинистых грунтах (релаксация напряжений и деформация ползучести).

Следует помнить, что без изучения реологических процессов, возникающих в грунтах под действием внешних сил и в особых случаях их собственного веса, часто не представляется возможным дать полную оценку грунтов как оснований и среды для различных сооружений.

Студент должен ознакомиться с методами исследования релаксации напряжений и определения длительной прочности грунтов. Необходимо изучить основные стадии ползучести, определение параметров ползучести, знать основные уравнения при решении задач по линейной теории наследственной ползучести и уравнение напряженно-деформированного состояния грунтов при затухающей ползучести и однократном нагружении.

Особое внимание следует обратить на учет ползучести грунтов различной уплотненности и степени водонасыщенности при прогнозе осадок сооружений.

Литература: [1, с. 229–252]; [2, с. 188–228]; [3, с. 78–98].

## **Раздел VII. Численные методы расчета задач механики грунтов**

Развитие математического аппарата механики сплошной деформируемой среды, прикладной математики и вычислительной техники заложило основы для создания ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ решения краевых задач.

Для реализации численных методов разрабатываются вычислительные программы или программные комплексы, ориентированные на решение определенных классов задач. Такие программы имеют достаточно универсальный характер и позволяют решать множество задач данного класса. Особенности конкретной задачи (неоднородность по физико-механическим свойствам грунтов, граничные условия и т.п.) отражаются в исходной информации и не требуют изменения алгоритма решения. В этом заключается одно из важнейших преимуществ численных методов и способов их реализации перед аналитическими решениями, каждое из которых справедливо в рамках конкретной задачи.

Для наиболее полного усвоения и закрепления изучаемого материала в данной теме рекомендуется проработать «Приложение численных методов расчета задач механики грунтов».

Литература: [2, с. 230–245].

## **ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

### **Содержание работы и порядок ее выполнения**

Задания к контрольной работе составлены в соответствии с программой дисциплины «Механика грунтов».

Контрольная работа содержит задачи по определению напряжений в грунтах от действия внешних нагрузок, расчету устойчивости откосов и давлений грунтов на подпорные стенки, расчету полных стабилизированных осадок оснований фундаментов с использованием расчетной схемы линейно-деформируемого слоя и метода эквивалентного слоя грунта, а также определению изменения осадки основания во времени.

Для выполнения контрольной работы необходимо выбрать данные из соответствующих таблиц, помещенных в настоящих методических указаниях. Задачи № 1 и 2 решаются студентом по вари-

антам, соответствующим последней цифре учебного шифра (номера зачетной книжки); задачи № 3 и 4 – по вариантам, соответствующим предпоследней цифре учебного шифра. Например, студент, имеющий учебный шифр 01-282, должен решать задачи № 1 и 2 по варианту 2, а задачи № 3 и 4 – по варианту 8. Приступая к выполнению контрольной работы, следует внимательно ознакомиться с индивидуальным заданием, изучить рекомендованную преподавателем и в методических указаниях к курсу литературу. Студент обязан выполнить каждую контрольную работу в сроки, предусмотренные индивидуальным планом-графиком на учебный год, и направить на кафедру инженерной геологии, механики грунтов, оснований и фундаментов для рецензирования. Работа, выполненная по вариантам, не соответствующим шифру, или без соблюдения указанных выше требований к оформлению, на рецензирование не принимается и возвращается без рассмотрения. Консультации студент может получить у преподавателя кафедры, ведущего дисциплину «Механика грунтов».

### Указания к оформлению работы

Контрольная работа должна содержать расчетно-пояснительную записку, в состав которой следует включить: задания и исходные данные, теоретическую часть, отражающую методику расчетов, сами расчеты и их результаты, расчетные схемы со всеми необходимыми обозначениями и размерами, список литературы. Результаты расчетов могут быть представлены в табличной форме. Текстовая часть записки должна быть выполнена на одной стороне стандартного листа писчей бумаги формата 210x297 мм с полями для замечаний рецензента. Текст пишется от руки чернилами аккуратно, разборчиво. Все расчетные данные и показатели должны сопровождаться единицами измерения, расчеты – ссылками на нормативные документы и используемую литературу. В пояснительной записке следует излагать суть вопроса с логическим обоснованием принимаемых решений. Каждая задача должна начинаться с новой страницы и завершаться выводом с четкой формулировкой принятого решения. Расчетные схемы в контрольной работе

выполняются в карандаше на листах чертежной бумаги или миллиметровки формата А4. Необходимо помнить, что данные расчетов и схем должны быть строго увязаны между собой. Листы записки должны иметь сквозную нумерацию и быть сброшюрованы. На обложке расчетно-пояснительной записки следует указать: институт, кафедру, наименование контрольной работы, факультет, курс, фамилию, имя и отчество (полностью), учебный шифр, адрес, дату выполнения контрольной работы, а также год издания методических указаний, по которым выполнялась контрольная работа. Расчетно-пояснительная записка должна быть подписана студентом.

Полученную после рецензирования контрольную работу необходимо внимательно просмотреть и разобраться в замечаниях (при их наличии). Если в рецензии указано, что контрольная работа «не допущена к защите», ее следует переработать и представить на повторное рецензирование, если – «допущена к защите», но с доработкой, то, внося соответствующие исправления в расчеты, схемы и чертежи, студент должен явиться на кафедру для защиты контрольной работы преподавателю, проводившему рецензирование. Все исправления по замечаниям выполняются на отдельных листах с припиской «исправление ошибок». Перечеркивание и исправление написанного текста, расчетов, расчетных схем и чертежей недопустимо. На защите студент должен показать свое умение применять знания, полученные в процессе изучения дисциплины, при решении задач.

### Задачи

**Задача № 1.** Для расчетных схем (рис. 1), выбрав по шифру из табл. 1, 2, 3 исходные данные, требуется определить величины вертикальных составляющих напряжений в массиве грунта и построить эпюры напряжений:

а) от совместного действия сосредоточенных сил в точках на вертикали, проходящей по оси действия силы  $N_2$ , и на горизонтали, расположенной в плоскости действия сил, на расстоянии  $Z$  от поверхности (рис. 1, а, табл. 1);

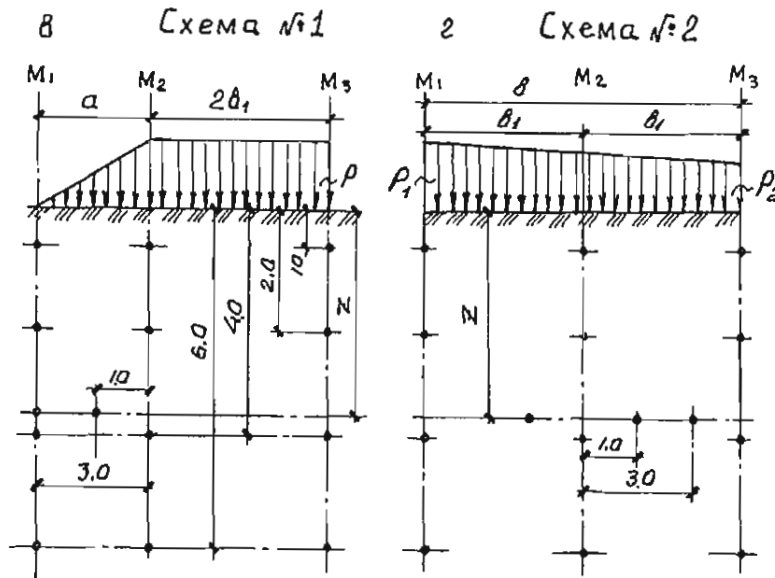
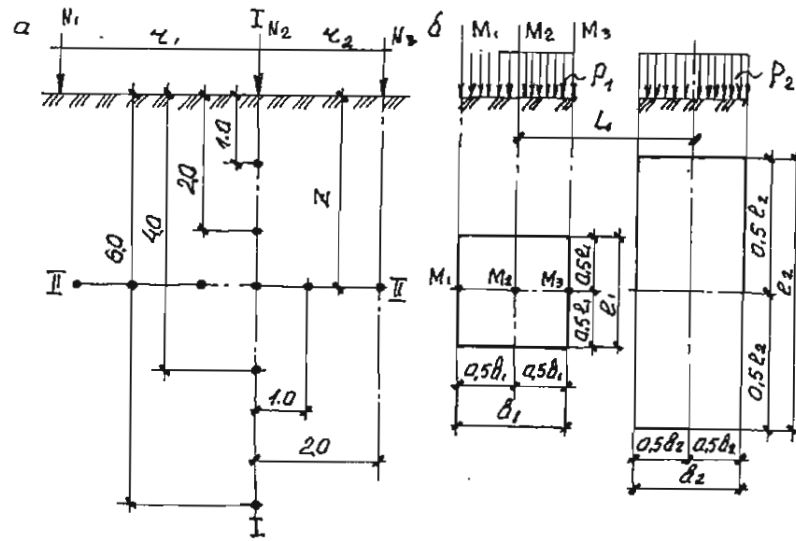


Рис. 1. Расчетные схемы

б) от совместного действия равномерно распределенных по прямоугольным площадкам нагрузок в точках по заданной вертикали (рис. 1,б, табл. 2);

в) от действия полосообразной нагрузки, изменяющейся по закону прямой, в точках на заданной вертикали и на горизонтали, расположенной на расстоянии Z от поверхности (рис. 1,в,г, табл. 3).

Примечания. 1. Точки на вертикалях расположить на расстояниях 1, 2, 4, 6 м от поверхности массива грунта. Точки на горизонталях расположить вправо и влево на расстояниях 1 и 3 м от оси действия силы  $N_2$  (рис. 1,а), от расчетной вертикали  $M_2$  (рис. 1,в,г).

2. При построении схем и эпюр напряжений следует принять масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 50 кПа в 1 см.

Таблица 1

Номер варианта	$N_1$ , кН	$N_2$ , кН	$N_3$ , кН	$r_1$ , м	$r_2$ , м	$r_3$ , м
1	1300	600	1300	2	2	2
2	1500	700	1900	2	3	2,5
3	1800	800	1400	3	1	3
4	1000	600	1100	1	1	2
5	1800	800	1600	3	2	1,5
6	1100	700	1800	2	3	2
7	1300	500	1500	3	2	3
8	1900	600	1300	3	1	2
9	1200	800	1200	2	2	2,5
0	1200	800	1400	1	2	3

Таблица 2

Номер варианта	$l_1$ , м	$b_1$ , м	$l_2$ , м	$b_2$ , м	$P_1$ , кПа	$P_2$ , кПа	$L$ , м	Расчетная вертикаль
1	5,0	2,4	6,0	2,4	380	320	4,0	$M_1$
2	2,7	1,9	3,5	2,5	320	340	3,2	$M_3$
3	2,5	2,1	4,0	2,4	310	410	3,4	$M_2$
4	1,9	1,9	2,9	2,6	280	320	3,2	$M_1$
5	2,2	2,2	3,0	2,4	260	360	3,0	$M_2$
6	2,5	1,9	6,0	2,8	290	330	2,8	$M_3$
7	2,6	2,1	5,0	2,4	340	380	3,0	$M_2$
8	2,9	2,6	3,5	2,5	320	290	3,5	$M_3$
9	3,3	2,3	4,0	2,4	240	350	3,3	$M_2$
0	2,5	1,9	3,3	2,3	280	310	2,8	$M_1$



Таблица 3

Номер		а, м	b <sub>1</sub> , м	z, м	P, кПа	P <sub>1</sub> , кПа	P <sub>2</sub> , кПа	Расчетная вертикаль
варианта	схемы							
1	1	2	1	1	350	–	–	M <sub>2</sub>
2	2	–	2	1	–	350	200	M <sub>1</sub>
3	1	4	2	2	200	–	–	M <sub>3</sub>
4	2	–	4	2	–	250	150	M <sub>2</sub>
5	1	4	1	2	250	–	–	M <sub>2</sub>
6	2	–	4	4	–	350	150	M <sub>3</sub>
7	1	2	2	1	300	–	–	M <sub>1</sub>
8	2	–	2	1	–	300	200	M <sub>2</sub>
9	1	2	4	4	200	–	–	M <sub>1</sub>
0	2	–	4	2	–	250	100	M <sub>1</sub>

**Задача № 2. 1.** Для расчетной схемы (рис. 2,а), выбирая по шифру из табл. 4 исходные данные, требуется определить методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения величину коэффициента устойчивости откоса.

2. Для расчетной схемы (рис. 2,б), выбирая по шифру из табл. 5 исходные данные, требуется определить горизонтальные составляющие интенсивности активного давления грунта на подпорную стену, равнодействующую активного давления, указав ее направление и точку приложения, построить эпюру распределения давления грунта.

**Примечания.** 1. Для определения координат центра наиболее опасной дуги поверхности скольжения рекомендуется использовать график Ямбу (рис. 3).

2. Активное давление грунта на подпорную стену рекомендуется определять, руководствуясь указаниями [4].

3. При построении расчетных схем и эпюр давлений следует принять масштаб расстояний 1:100 (для откоса), 1:50 (для подпорной стены), масштаб давлений 10 кПа в 1 см.

Таблица 4

Номер варианта	H, м	m	γ, кН/м <sup>3</sup>	φ, град	C, кПа
1	8	1,5	19,4	19	18
2	12	1,5	20,5	18	21
3	16	2,0	19,6	16	16
4	14	2,0	20,9	19	25

Окончание табл. 4

Номер варианта	H, м	m	γ, кН/м <sup>3</sup>	φ, град	C, кПа
5	9	1,5	19,7	17	51
6	15	2,0	20,1	18	47
7	11	1,5	20,3	16	41
8	6	1,5	19,8	21	23
9	13	2,0	19,7	20	19
0	7	1,5	19,1	17	15

Таблица 5

Номер		h, м	α, град	ρ, град	q, град	γ, кН/м <sup>3</sup>	φ, град	C, кПа	δ, град
варианта	схемы								
1	1	5,4	5	10	80	19,1	18	32	9
2	2	5,4	15	20	–	20,5	24	–	11
3	1	4,8	10	15	100	19,4	20	26	10
4	2	4,2	15	20	–	17,8	36	14	–
5	1	7,2	0	0	60	17,2	30	–	18
6	2	4,8	10	15	–	17,6	34	–	10
7	1	4,2	15	20	120	19,7	22	20	11
8	2	5,4	5	10	–	17,4	32	32	–
9	1	6,6	5	10	80	17,4	32	–	16
0	2	6,0	10	15	–	20,2	22	34	11

**Задача № 3.** Для расчетной схемы (рис. 2,в), выбирая по шифру из табл. 6 исходные данные, требуется определить среднюю осадку основания сплошной фундаментной плиты, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Плита опирается на слой песка, подстилаемый пылевато-глинистым грунтом. Расчет осадки выполнить, применяя расчетную схему основания в виде линейно-деформируемого слоя.

**Примечания.** 1. При расчете осадки основания следует руководствоваться указаниями СНиП 2.02.01-83 161.

2. При построении расчетной схемы следует принять масштаб расстояний 1: 100.



Окончание табл. 7

Номер варианта	l, м	b, м	P, кПа	h <sub>1</sub> , м	m <sub>1</sub> , МПа	K <sub>ф1</sub> , см/с	h <sub>2</sub> , м	m <sub>2</sub> , МПа	K <sub>ф2</sub> , см/с
6	5,6	2,8	220	3,8	0,105	5,1·10 <sup>-8</sup>	5,6	0,245	6,9·10 <sup>-9</sup>
7	3,5	1,75	170	3,2	0,076	2,4·10 <sup>-7</sup>	3,5	0,381	1,8·10 <sup>-8</sup>
8	3,6	2,4	190	3,1	0,065	1,2·10 <sup>-8</sup>	4,8	0,124	2,5·10 <sup>-9</sup>
9	2,2	2,2	210	2,8	0,139	4,3·10 <sup>-8</sup>	4,1	0,215	4,6·10 <sup>-9</sup>
0	2,0	2,0	240	2,3	0,176	2,2·10 <sup>-8</sup>	3,9	0,284	4,13·10 <sup>-9</sup>

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Задача № 1.** Определить величины вертикальных составляющих напряжений в массиве грунта и построить эпюры напряжений.

**Задача № 1а.** При определении величины вертикальной составляющей напряжения в массиве грунта от действия сосредоточенной силы N, приложенной перпендикулярно к ограничивающей полупространство плоскости, используется формула

$$\sigma_z = K \cdot (N/Z^2). \quad (1)$$

Если к поверхности деформируемого полупространства приложено несколько сил (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>), то (при прямой пропорциональности между напряжениями и деформациями) можно использовать принципы суперпозиции и найти значение  $\sigma_z$  в любой точке простым суммированием:

$$\begin{aligned} \sigma_{zi} &= K_1 \cdot (N_1/Z_1^2) + K_2 \cdot (N_2/Z_2^2) + K_3 \cdot (N_3/Z_3^2) = \\ &= \sum_{i=1}^n K_i \cdot (N_i/Z_i^2), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\sigma_{zi}$  – вертикальная составляющая напряжения в массиве грунта от действия сосредоточенной силы N<sub>i</sub>; K<sub>i</sub> – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения z<sub>i</sub>/z<sub>0</sub> и определяющие по табл. 1 приложения; N<sub>i</sub> – вертикальная сосредоточенная сила; Z<sub>i</sub> – глубина рассматриваемой точки от ограничивающей плоскости; r<sub>i</sub> – расстояние по горизонтали от вертикальной оси, проходящей через рас-

сматриваемую точку, до оси, проходящей через точку приложения сосредоточенной силы.

Примеры расчета приведены в [1]; [2]; [7]; [8].

**Задача № 1б.** Для определения величины напряжений ( $\sigma_z$ ) в массиве грунта от совместного действия равномерно распределенных по прямоугольным площадкам нагрузок в точках по заданной вертикали применяется метод угловых точек. При этом сжимающие напряжения в точке равны алгебраической сумме напряжений от прямоугольных площадей загрузки, т.е.:

$$\sigma_z = (K_{1c} + K_{2c} + \dots) \cdot p, \quad (3)$$

где K<sub>1c</sub>, K<sub>2c</sub> – угловые коэффициенты, зависящие от глубины  $\beta = 2Z/b$  (для точки, лежащей в центре прямоугольника),  $\beta = Z/b$  (для точки на стороне прямоугольника и вне его), и соотношение сторон прямоугольной площади загрузки  $\alpha = l/b$  и определяемые по табл. 2, 3 и 4 приложения; p – интенсивность внешней равномерно распределенной нагрузки.

Примеры расчета приведены в [1]; [3]; [7]; [8].

**Задача № 1в.** Сжимающие напряжения в массиве грунта при нагрузке, меняющейся по закону прямой, вычисляются по формуле

$$\sigma_z = J \cdot P, \quad (4)$$

где J = f(a/z; b/z) – функция относительных величин (a/z; b/z), определяемая по номограмме Остерберга, рис. 3.14 [1]; a, b – длина соответственно треугольной и прямоугольной эпюр нагрузки; z – глубина рассматриваемой точки.

Значения J определяются как алгебраическая сумма коэффициентов, соответствующих нагрузке слева и справа от вертикали, проходящей через рассматриваемую точку.

Пример расчета приведен в [1]; [8].

**Задача № 1г.** При произвольном виде сплошной полосообразной нагрузки эпюру внешних давлений разбивают на прямоугольные и треугольные элементы и путем суммирования напряжений от прямоугольных и треугольных элементов эпюр давлений определяют величину сжимающего напряжения в заданной точке грунтового массива. Величину вертикальных составляющих напряжений в массиве грунта от действия полосообразной нагрузки, изменяющейся по закону прямой для прямоугольного элемента определяем, используя формулу

$$\sigma_z = K_z \cdot P, \quad (5)$$

а для треугольного элемента по формуле

$$\sigma'_z = K'_z \cdot P, \quad (6)$$

где  $K_z, K'_z$  – коэффициенты влияния, определяемые для значений  $z/b; y/b$  по табл. 5 и 6 приложения;  $P$  – интенсивность внешней равномерно распределенной нагрузки;  $z$  – глубина рассматриваемой точки от ограничивающей плоскости.

Примеры расчета приведены в [1]; [3]; [8].

**Задача № 2.** Определить методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения величину коэффициента устойчивости откоса и горизонтальные составляющие интенсивности активного давления грунта на подпорную стену.

**Задача № 2а.** В основу расчета по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения положено соотношение удерживающих и вращательных (сдвигающих) моментов

$$K_{st} = M_{уд} / M_{вр(сдв)} \geq K_{st}^н, \quad (7)$$

где  $K_{st}^н$  – нормативный коэффициент устойчивости откоса (его значение находится в пределах 1,1...1,3).

После выполнения в определенном масштабе чертежа откоса по графику Н. Ямбу (рис. 3) находят положение центра кривой скольжения с наименьшим коэффициентом запаса.

Для того чтобы найти координаты центра кривой скольжения, предварительно вычисляют  $\lambda_{ср}$  по формуле

$$\lambda_{ср} = \gamma \cdot H \cdot \text{tg} \varphi / C. \quad (8)$$

По найденному значению  $\lambda_{ср}$  и углу откоса  $\alpha$  (зависит от заложения откоса) по графику Ямбу находят значения  $X_0$  и  $Y_0$  и координаты центра вращения:

$$X = X_0 H; \quad Y = Y_0 H. \quad (9)$$

Откладывая от подошвы откоса вверх  $Y$  и вправо  $X$ , получаем положение точки  $O$  – центра вращения.

Из найденного центра вращения через подошву откоса проводим дугу окружности скольжения. Графически, по масштабу, определяем радиус кривой скольжения –  $R$ .

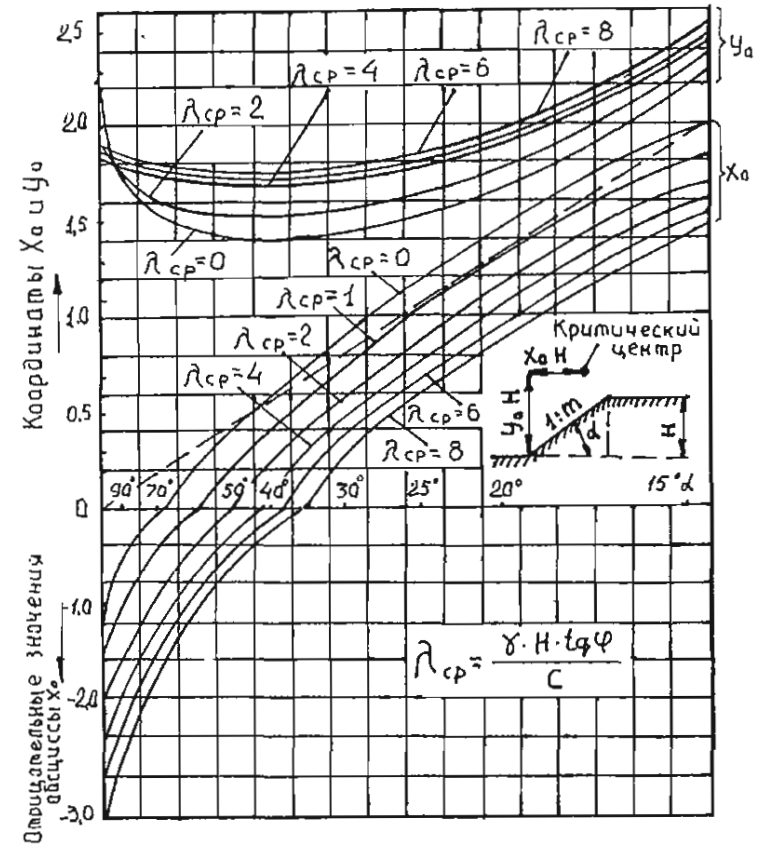


Рис. 3. Диаграмма Ямбу для установления координат центра наиболее опасной кривой скольжения

Разбиваем оползневое тело на блоки (обычно 4–5 блоков), графически определяем их ширину и высоту сторон и производим расчет всех необходимых элементов, входящих в формулу

$$K_{st} = ((\sum P_i \cdot \text{tg} \varphi_i \cdot \cos \alpha_i + \sum C_i \cdot l_i) / (\sum P_i \cdot X_i)) \cdot R, \quad (10)$$

где  $P_i$  – вес расчетного блока;  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $\cos \alpha_i = 1$  (погрешность при этом составит около 10% в сторону завышения коэффициента запаса);  $\sum C_i \cdot l_i = C \cdot l$  – при однородной толще грунта;  $C$  – удельное сцепление грунта;  $l$  – длина дуги скольжения;  $X_i$  – плечо от линии действия центра

тяжести блока до центра вращения; R – радиус круглоцилиндрической дуги скольжения.

Данные расчета сводятся в таблицу, составленную по нижеприведенной форме.

Форма

Номер блока	Средняя высота блока, м	Ширина блока, м	Объем блока, м <sup>3</sup>	Вес блока P <sub>i</sub> , Мн	Плечо X <sub>i</sub> , м	Момент P <sub>i</sub> ·X <sub>i</sub> , Мн·м
1						
2						
3						
4						
5						

$\Sigma P_i =$   $\Sigma P_i \cdot X_i =$

Примечание. Момент принимается отрицательным для восходящей ветви скольжения. Для нисходящей ветви кривой скольжения моменты положительные.

Примеры расчета приведены в литературе [1]–[4]; [8].

**Задача № 2б.** В случае свободной от нагрузки наклонной поверхности засыпки и наклонной тыловой грани стены горизонтальная составляющая активного давления грунта на глубине Z определяется по формуле

$$\sigma_z = \gamma \cdot Z \cdot \lambda_a, \quad (11)$$

где  $\gamma$  – расчетные значения удельного веса грунта;  $\lambda_a$  – коэффициент активного давления грунта, определяемый по формуле

$$\lambda_a = [\cos(\varphi - \alpha) / \cos\alpha \cdot$$

$$\cdot (1 + \sqrt{(\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \rho)) / (\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \rho))}]^2, \quad (12)$$

где  $\varphi$  – расчетное значение угла внутреннего трения грунта;  $\alpha$  – угол наклона тыловой грани стены к вертикали;  $\delta$  – угол трения грунта на контакте со стенкой;  $\rho$  – угол наклона поверхности грунта к горизонту.

Равнодействующая активного давления грунта для стен высотой h определяется как площадь треугольной эпюры по формуле

$$E_{ah} = \sigma_{ah} / 2 \cdot h, \quad (13)$$

и приложена на одной трети высоты от низа стенки.

В случае связного грунта давление связности определяется по формуле

$$\sigma_{ch} = C \cdot K, \quad (14)$$

где C – удельное сцепление грунта; K – коэффициент, определяемый по формуле

$$K = 1 / \operatorname{tg} \varphi [\cos(\alpha + \delta) / \cos\alpha \cdot \cos\delta - \lambda_a (\cos\alpha \cdot \cos\rho / \cos(\alpha - \rho))]. \quad (15)$$

Если значение K меньше нуля, в расчетах принимается K = 0.

Равнодействующая активного давления грунта на подпорную стенку будет действовать горизонтально в точке, соответствующей высоте расположения центра тяжести трапециoidalной эпюры давления.

Примеры расчета приведены в [3]; [4]; [8]–[10].

**Задача № 3.** Метод линейно деформируемого (упругого) слоя разработан К.Е. Егоровым. Этот метод СНиП [6] рекомендует применять в случаях, если ширина (диаметр) фундамента  $b \geq 10$  м и модуль деформации грунтов основания  $E \geq 10$  МПа. Толщину линейно деформируемого слоя находят по эмпирической формуле

$$H = (H_0 + \psi \cdot b) \cdot K_p, \quad (16)$$

где  $H_0$  и  $\psi$  принимаются соответственно равными для оснований, сложенных пылевато-глинистыми грунтами, 9 м и 0,15, песчаными грунтами – 6 м и 0,1;  $K_p$  – коэффициент, принимаемый равным:  $K_p = 0,8$  при среднем давлении под подошвой фундамента  $P_{II} = 100$  кПа и  $K_p = 1,2$  – при  $P_{II} = 500$  кПа, а при промежуточных значениях – по интерполяции.

Если основание сложено пылевато-глинистыми и песчаными грунтами, значение H определяется по формуле

$$H = H_s + h_d / 3, \quad (17)$$

где  $H_s$  – толщина слоя, вычисленная по формуле (1) в предположении, что основание сложено только песчаными грунтами;  $h_d$  – суммарная толщина слоев пылевато-глинистых грунтов в пределах от подошвы фундамента до глубины, равной  $H_d$  – значению H, вычисленному по формуле (16) в предположении, что основание сложено только пылевато-глинистыми грунтами.

При известном значении  $H$  осадка основания определяется по формуле

$$S = P \cdot b \cdot K_s / K_m \sum_{i=1}^n (K_i - K_{i-1} / E_i), \quad (18)$$

где  $P$  – среднее давление под подошвой фундамента;  $b$  – ширина прямоугольного или диаметр круглого фундамента;  $K_s$  и  $K_m$  – коэффициенты, принимаемые по табл. 7 и 8 приложения;  $n$  – число слоев, различающихся по сжимаемости в пределах расчетной толщины слоя  $H$ ;  $K_i$  и  $K_{i-1}$  – коэффициенты, определяемые по табл. 9 приложения в зависимости от формы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, на которой расположены подошва и кровля  $i$ -го слоя соответственно;  $E_i$  – модуль деформации  $i$ -го слоя грунта.

$$\xi_i = 2 \cdot Z_i / b \quad \xi_{i-1} = 2 \cdot Z_{i-1} / b. \quad (19)$$

Примеры расчета приведены в литературе [1]; [2]; [4]; [6]; [11].

**Задача № 4.** Метод эквивалентного слоя грунта, предложенный Н.А. Цытовичем [1], дает возможность определить не только конечную стабилизированную осадку фундаментов, но и протекание осадок во времени, приводя сложнейшую пространственную задачу к эквивалентной одномерной.

Максимальная осадка гибкого, средняя осадка жесткого и абсолютно жесткого фундаментов находится по формуле

$$S = h_3 \cdot m_{vm} \cdot P_0, \quad (20)$$

где  $h_3 = A_w \cdot b$  – мощность эквивалентного слоя (здесь  $b$  – ширина ( $\Phi$ ) фундамента);  $A_w$  – коэффициент эквивалентного слоя, определяемый по табл. 12 приложения.

Осадку слоистого основания методом эквивалентного слоя вычисляют приближенно. В расчетной схеме сжимаемую толщину грунта принимают в среднем равной двум мощностям эквивалентного слоя (формула (21))

$$H_c = 2 \cdot h_3, \quad (21)$$

А распределение дополнительных давлений в основании – в виде треугольной эпюры. Вершину треугольной эпюры назначают на глубине, равной  $H_c$ , а основание эпюры, равное  $P_0$ , – под подошвой фундамента. Грунты, вошедшие в сжимаемую толщину, считают однородными с осредненными характеристиками.

Средний коэффициент относительной сжимаемости грунта определяется по формуле

$$M_{vm} = \sum h_i \cdot m_{vi} \cdot z_i / (2 \cdot h_3^2), \quad (22)$$

где  $h_i$  – толщина отдельных слоев грунта до глубины  $H_c$ ;  $m_{vi}$  – коэффициент относительной сжимаемости  $i$ -го слоя;  $z_i$  – расстояние от точки, соответствующей глубине  $H_c$ , до середины рассматриваемого  $i$ -го слоя.

Для вычисления осадок, соответствующих любому времени ( $t = 1, 2, 3$  и более лет) предложена формула

$$S_t = S_k \{ 1 - 16/\pi^2 [(1 - 2/\pi)e^{-N} + 1/9(1 + 2/3\pi)e^{-9N}] \}, \quad (23)$$

где  $N$  – величина в условиях односторонней фильтрации отжимаемой воды, определяется из выражения

$$N = (\pi^2 \cdot C_{vm} / 4 \cdot H^2) \cdot t, \quad (24)$$

$C_{vm}$  – коэффициент консолидации, определяемый по формуле

$$C_{vm} = K_{\phi m} / m_{vm} \cdot \gamma_w, \quad (25)$$

$K_{\phi m}$  – средний коэффициент фильтрации, определяемый по зависимости (26)

$$K_{\phi m} = H / \sum_{i=1}^n (h_i / K_{\phi i}), \quad (26)$$

$n$  – число слоев грунта в пределах активной зоны;  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, находящегося в пределах  $H = 2 \cdot h_3$ ;  $K_{\phi i}$  – коэффициент фильтрации  $i$ -го слоя в пределах активной зоны;  $\gamma_w = 0,0098 \text{ г/см}^3$  – удельный вес воды;  $H$  – высота уплотняемого слоя;  $t$  – время уплотнения от начала загрузки.

Пользуясь табл. 10 приложения, находят  $e^{-x}$ , а затем и осадку за данное время.

При вычислении осадок с помощью табл. 11 приложения задаются степенью консолидации (например,  $V = 0,2; 0,4; 0,6$  и т.д.), находят соответствующее значение  $N$  и, используя зависимость для  $N$ , определяют по формуле (27) соответствующее данной степени консолидации время  $t$ :

$$t = [4 \cdot H^2 / \pi^2 \cdot C_{vm}] \cdot N \quad (27)$$

и строят график затухания осадки во времени.

Примеры расчетов приведены в литературе [1]; [2]; [8]; [11].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). – М., 1983.
2. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М., 2002.
3. Котов М.Ф. Механика грунтов в примерах. – М., 1968.
4. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под ред. Е.Л. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М., 1985.
5. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М., 2002.
6. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений / Минземстрой России. – М., 1998.
7. Берлинов М.В., Ягупов Б.А. Примеры расчета оснований и фундаментов. – М., 1986.
8. Справочник по механике и динамике грунтов / Под ред. В.Б. Швеца. – Киев, 1987.
9. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. – М., 1977.
10. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. – М., 1984.
11. Долматов Б.И., Морарескул Н.Н., Науменко В.Г. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. – М., 1986.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ I

#### ТАБЛИЦЫ ДЛЯ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТАХ И ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ

Таблица 1

Значение коэффициента  $K$  для вычисления сжимающих напряжений от действия сосредоточенной силы в зависимости от соотношения  $r/z$

$r/z$	$K$	$r/z$	$K$	$r/z$	$K$	$r/z$	$K$
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,50	0,0251
0,01	0,4773	0,51	0,2679	1,01	0,0823	1,51	0,0245
0,02	0,4770	0,52	0,2625	1,02	0,0802	1,52	0,0240
0,03	0,4764	0,53	0,2571	1,03	0,0783	1,53	0,0234
0,04	0,4756	0,54	0,2518	1,04	0,0764	1,54	0,0229
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,55	0,0224
0,06	0,4732	0,56	0,2414	1,06	0,0727	1,56	0,0219
0,07	0,4717	0,57	0,2363	1,07	0,0709	1,57	0,0214
0,08	0,4699	0,58	0,2313	1,08	0,0691	1,58	0,0209
0,09	0,4679	0,59	0,2263	1,09	0,0674	1,59	0,0204
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,60	0,0200
0,11	0,4633	0,61	0,2165	1,11	0,0641	1,61	0,0195
0,12	0,4607	0,62	0,2117	1,12	0,0628	1,62	0,0191
0,13	0,4579	0,63	0,2070	1,13	0,0610	1,63	0,0187
0,14	0,4548	0,64	0,2024	1,14	0,0595	1,64	0,0183
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,65	0,0179
0,16	0,4482	0,66	0,1934	1,16	0,0567	1,66	0,0175
0,17	0,4446	0,67	0,1889	1,17	0,0553	1,67	0,0171
0,18	0,4409	0,68	0,1846	1,18	0,0539	1,68	0,0167
0,19	0,4370	0,69	0,1804	1,19	0,0526	1,69	0,0163
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,70	0,0160
0,21	0,4286	0,71	0,1721	1,21	0,0501	1,72	0,0153
0,22	0,4242	0,72	0,1681	1,22	0,0489	1,74	0,0147
0,23	0,4197	0,73	0,1641	1,23	0,0477	1,76	0,0141
0,24	0,4151	0,74	0,1603	1,24	0,0466	1,78	0,0135
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	1,80	0,0129
0,26	0,4054	0,76	0,1527	1,26	0,0443	1,82	0,0124
0,27	0,4004	0,77	0,1491	1,27	0,0433	1,84	0,0119
0,28	0,3954	0,78	0,1455	1,28	0,0422	1,86	0,0114
0,29	0,3902	0,79	0,1420	1,29	0,0412	1,88	0,0109
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	1,90	0,0105
0,31	0,3796	0,81	0,1353	1,31	0,0393	1,92	0,0101
0,32	0,3742	0,82	0,1320	1,32	0,0384	1,94	0,0097
0,33	0,3687	0,83	0,1288	1,33	0,0374	1,96	0,0093
0,34	0,3632	0,84	0,1257	1,34	0,0365	1,98	0,0089
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	2,00	0,0085
0,36	0,3521	0,86	0,1196	1,36	0,0348	2,10	0,0070
0,37	0,3465	0,87	0,1166	1,37	0,0340	2,20	0,0058
0,38	0,3408	0,88	0,1138	1,38	0,0332	2,30	0,0048

Продолжение прил. 1

Окончание табл. 1

r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
0,39	0,3351	0,89	0,1110	1,39	0,0324	2,40	0,0040
0,40	0,3294	0,90	0,1083	1,40	0,0317	2,50	0,0034
0,41	0,3288	0,91	0,1057	1,41	0,0309	2,60	0,0029
0,42	0,3181	0,92	0,1031	1,42	0,0302	2,70	0,0024
0,43	0,3124	0,93	0,1005	1,43	0,0295	2,80	0,0021
0,44	0,3068	0,94	0,0981	1,44	0,0288	2,90	0,0017
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	3,00	0,0015
0,46	0,2955	0,96	0,0933	1,46	0,0275	3,50	0,0007
0,47	0,2899	0,97	0,0910	1,47	0,0269	4,00	0,0004
0,48	0,2843	0,98	0,0887	1,48	0,0263	4,50	0,0002
0,49	0,2788	0,99	0,0865	1,49	0,0257	5,00	0,0001

Продолжение прил. 1  
Таблица 2

Значение коэффициентов для центральных и угловых точек

β	Круглые фундаменты	Прямоугольные фундаменты с отношением сторон α = l/b										Лестничные фундаменты при α = 10		
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4		5	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,878	0,879	0,880	0,881	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,652	0,682	0,703	0,717	0,727	0,740	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755	0,755
1,6	0,390	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,639	0,650	0,659	0,662	0,662
2,0	0,285	0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550	0,550
2,4	0,214	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,449	0,462	0,470	0,477	0,477
2,8	0,165	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420	0,420
3,2	0,130	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374	0,374
3,6	0,106	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320	0,337	0,337
4,0	0,087	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,190	0,214	0,233	0,248	0,270	0,285	0,306	0,306
4,4	0,073	0,091	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,203	0,218	0,239	0,256	0,280	0,280
4,8	0,062	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,230	0,258	0,258
5,2	0,053	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208	0,239	0,239
5,6	0,046	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,223	0,223
6,0	0,040	0,051	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208	0,208
6,4	0,036	0,045	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,111	0,122	0,141	0,158	0,196	0,196
6,8	0,032	0,040	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,100	0,110	0,128	0,144	0,184	0,184
7,2	0,028	0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,090	0,100	0,117	0,133	0,175	0,175
7,6	0,024	0,032	0,038	0,044	0,050	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123	0,166	0,166
8,0	0,022	0,029	0,035	0,040	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,098	0,113	0,158	0,158
8,4	0,021	0,026	0,032	0,037	0,042	0,046	0,051	0,060	0,069	0,077	0,091	0,105	0,150	0,150
8,8	0,019	0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,046	0,055	0,063	0,070	0,084	0,098	0,144	0,144
9,2	0,018	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,058	0,065	0,078	0,091	0,137	0,137
9,6	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,047	0,054	0,060	0,072	0,085	0,132	0,132
10	0,015	0,019	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,050	0,056	0,067	0,079	0,126	0,126
11	0,011	0,017	0,020	0,023	0,027	0,029	0,033	0,040	0,044	0,050	0,060	0,071	0,114	0,114
12	0,009	0,015	0,018	0,020	0,024	0,026	0,028	0,034	0,038	0,044	0,051	0,060	0,104	0,104



Продолжение прил. 1

Таблица 3

Значения углового коэффициента для непосредственного определения максимальных сжимающих напряжений под центром загруженного прямоугольника

$\beta = z/b$	Отношение сторон прямоугольника $a=1/b$							
	1	1,5	2	3	6	10	20	плоская задача
0,25	0,898	0,904	0,908	0,912	0,934	0,940	0,960	0,96
0,50	0,696	0,716	0,734	0,762	0,789	0,729	0,820	0,82
1,00	0,336	0,428	0,479	0,500	0,518	0,522	0,549	0,55
1,50	0,194	0,257	0,288	0,348	0,360	0,373	0,397	0,40
2,00	0,114	0,157	0,188	0,240	0,268	0,279	0,308	0,31
3,00	0,058	0,076	0,108	0,147	0,180	0,188	0,209	0,21
5,00	0,008	0,025	0,040	0,076	0,096	0,106	0,129	0,13

Продолжение прил. 1  
Таблица 4

Значение угловых коэффициентов

$\beta = z/b$	Значения $a = 1/b$															
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3					
0,0	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500					
0,2	0,2486	0,2489	0,2490	0,2491	0,2491	0,2491	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492					
0,4	0,2401	0,2420	0,2429	0,2434	0,2437	0,2439	0,2440	0,2441	0,2442	0,2442	0,2442					
0,6	0,2229	0,2275	0,2300	0,2315	0,2324	0,2329	0,2333	0,2335	0,2337	0,2338	0,2339					
0,8	0,1999	0,2075	0,2120	0,2147	0,2165	0,2176	0,2183	0,2188	0,2192	0,2194	0,2196					
1,0	0,1752	0,1851	0,1911	0,1955	0,1981	0,1999	0,2012	0,2020	0,2026	0,2031	0,2034					
1,2	0,1516	0,1626	0,1705	0,1758	0,1793	0,1818	0,1836	0,1849	0,1858	0,1865	0,1870					
1,4	0,1308	0,1423	0,1508	0,1569	0,1613	0,1644	0,1667	0,1685	0,1696	0,1705	0,1712					
1,6	0,1123	0,1241	0,1329	0,1396	0,1445	0,1482	0,1509	0,1530	0,1545	0,1557	0,1567					
1,8	0,0969	0,1083	0,1172	0,1241	0,1294	0,1334	0,1365	0,1389	0,1408	0,1423	0,1434					
2,0	0,0840	0,0947	0,1034	0,1103	0,1158	0,1202	0,1236	0,1263	0,1284	0,1300	0,1314					
2,2	0,0732	0,0832	0,0917	0,0984	0,1039	0,1084	0,1120	0,1149	0,1172	0,1191	0,1205					
2,4	0,0642	0,0734	0,0813	0,0879	0,0934	0,0979	0,1016	0,1047	0,1071	0,1092	0,1108					
2,6	0,0566	0,0651	0,0725	0,0788	0,0842	0,0887	0,0924	0,0955	0,0981	0,1003	0,1020					
2,8	0,0502	0,0580	0,0649	0,0709	0,0761	0,0805	0,0842	0,0875	0,0900	0,0923	0,0942					
3,0	0,0447	0,0519	0,0583	0,0640	0,0680	0,0732	0,0769	0,0801	0,0828	0,0851	0,0870					
3,2	0,0401	0,0467	0,0526	0,0580	0,0627	0,0668	0,0704	0,0735	0,0762	0,0786	0,0806					
3,4	0,0361	0,0421	0,0477	0,0527	0,0571	0,0611	0,0646	0,0677	0,0704	0,0727	0,0747					
3,6	0,0326	0,0382	0,0433	0,0480	0,0523	0,0561	0,0594	0,0624	0,0651	0,0674	0,0694					
3,8	0,0296	0,0348	0,0395	0,0439	0,0479	0,0516	0,0548	0,0577	0,0603	0,0626	0,0646					
4,0	0,0270	0,0318	0,0362	0,0403	0,0441	0,0474	0,0507	0,0535	0,0560	0,0588	0,0603					
4,2	0,0247	0,0291	0,0333	0,0371	0,0407	0,0430	0,0469	0,0496	0,0521	0,0543	0,0563					
4,4	0,0227	0,0268	0,0306	0,0343	0,0376	0,0407	0,0436	0,0462	0,0485	0,0507	0,0527					
4,6	0,0209	0,0247	0,0283	0,0317	0,0348	0,0378	0,0405	0,0430	0,0453	0,0474	0,0493					
4,8	0,0193	0,0229	0,0262	0,0294	0,0324	0,0352	0,0378	0,0402	0,0424	0,0444	0,0463					
5,0	0,0179	0,0212	0,0243	0,0274	0,0302	0,0328	0,0353	0,0376	0,0397	0,0417	0,0435					
6,0	0,0127	0,0151	0,0174	0,0196	0,0218	0,0238	0,0257	0,0276	0,0293	0,0310	0,0325					
7,0	0,0094	0,0112	0,0130	0,0147	0,0164	0,0180	0,0195	0,0210	0,0224	0,0238	0,0251					
8,0	0,0073	0,0087	0,0101	0,0114	0,0127	0,0140	0,0153	0,0165	0,0176	0,0187	0,0198					
9,0	0,0058	0,0069	0,0080	0,0091	0,0102	0,0112	0,0122	0,0132	0,0142	0,0152	0,0161					
10,0	0,0047	0,0056	0,0065	0,0074	0,0083	0,0092	0,0100	0,0109	0,0117	0,0125	0,0132					

Продолжение прил. 1  
Окончание табл. 4

$\beta = z/b$	Значения $\alpha = 1/b$														
	3,2	3,4	3,6	3,8	4	5	6	7	8	9	10				
0,0	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500
0,2	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492
0,4	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443
0,6	0,2340	0,2340	0,2341	0,2341	0,2341	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342	0,2342
0,8	0,2198	0,2199	0,2199	0,2200	0,2200	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202	0,2202
1,0	0,2037	0,2039	0,2040	0,2041	0,2042	0,2044	0,2045	0,2045	0,2045	0,2045	0,2045	0,2046	0,2046	0,2046	0,2046
1,2	0,1873	0,1876	0,1878	0,1880	0,1882	0,1885	0,1887	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888	0,1888
1,4	0,1718	0,1722	0,1725	0,1728	0,1730	0,1735	0,1738	0,1739	0,1739	0,1739	0,1739	0,1739	0,1740	0,1740	0,1740
1,6	0,1574	0,1580	0,1584	0,1587	0,1590	0,1598	0,1601	0,1602	0,1602	0,1602	0,1603	0,1604	0,1604	0,1604	0,1604
1,8	0,1443	0,1450	0,1455	0,1460	0,1463	0,1474	0,1478	0,1480	0,1480	0,1481	0,1482	0,1482	0,1482	0,1482	0,1482
2,0	0,1324	0,1332	0,1339	0,1345	0,1350	0,1363	0,1368	0,1371	0,1372	0,1372	0,1373	0,1373	0,1374	0,1374	0,1374
2,2	0,1218	0,1227	0,1235	0,1242	0,1248	0,1264	0,1271	0,1274	0,1276	0,1276	0,1277	0,1277	0,1277	0,1277	0,1277
2,4	0,1122	0,1133	0,1142	0,1150	0,1156	0,1175	0,1184	0,1188	0,1190	0,1190	0,1191	0,1191	0,1192	0,1192	0,1192
2,6	0,1035	0,1047	0,1058	0,1066	0,1073	0,1095	0,1106	0,1111	0,1113	0,1113	0,1115	0,1115	0,1116	0,1116	0,1116
2,8	0,0957	0,0970	0,0982	0,0991	0,0999	0,1024	0,1036	0,1041	0,1045	0,1045	0,1047	0,1047	0,1048	0,1048	0,1048
3,0	0,0887	0,0901	0,0913	0,0923	0,0931	0,0959	0,0973	0,0980	0,0983	0,0983	0,0986	0,0986	0,0987	0,0987	0,0987
3,2	0,0823	0,0838	0,0850	0,0861	0,0870	0,0900	0,0916	0,0923	0,0928	0,0928	0,0930	0,0930	0,0933	0,0933	0,0933
3,4	0,0765	0,0780	0,0793	0,0804	0,0814	0,0847	0,0864	0,0873	0,0877	0,0877	0,0880	0,0880	0,0882	0,0882	0,0882
3,6	0,0712	0,0728	0,0741	0,0753	0,0763	0,0799	0,0816	0,0826	0,0832	0,0832	0,0835	0,0835	0,0837	0,0837	0,0837
3,8	0,0664	0,0680	0,0694	0,0706	0,0717	0,0753	0,0773	0,0784	0,0790	0,0790	0,0794	0,0794	0,0796	0,0796	0,0796
4,0	0,0620	0,0636	0,0650	0,0663	0,0674	0,0712	0,0733	0,0745	0,0752	0,0752	0,0756	0,0756	0,0758	0,0758	0,0758
4,2	0,0581	0,0596	0,0610	0,0623	0,0634	0,0674	0,0696	0,0709	0,0716	0,0716	0,0721	0,0721	0,0724	0,0724	0,0724
4,4	0,0544	0,0560	0,0574	0,0586	0,0597	0,0639	0,0662	0,0676	0,0684	0,0684	0,0689	0,0689	0,0692	0,0692	0,0692
4,6	0,0510	0,0526	0,0540	0,0553	0,0564	0,0606	0,0630	0,0644	0,0654	0,0654	0,0659	0,0659	0,0663	0,0663	0,0663
4,8	0,0580	0,0495	0,0509	0,0522	0,0533	0,0576	0,0601	0,0616	0,0626	0,0626	0,0631	0,0631	0,0635	0,0635	0,0635
5,0	0,0451	0,0466	0,0480	0,0493	0,0504	0,0547	0,0573	0,0589	0,0599	0,0599	0,0606	0,0606	0,0610	0,0610	0,0610
6,0	0,0340	0,0353	0,0366	0,0377	0,0388	0,0431	0,0460	0,0479	0,0491	0,0491	0,0500	0,0500	0,0506	0,0506	0,0506
7,0	0,0263	0,0275	0,0286	0,0296	0,0306	0,0346	0,0376	0,0396	0,0411	0,0411	0,0421	0,0421	0,0428	0,0428	0,0428
8,0	0,0209	0,0219	0,0228	0,0237	0,0246	0,0283	0,0311	0,0332	0,0348	0,0348	0,0359	0,0359	0,0367	0,0367	0,0367
9,0	0,0169	0,0178	0,0186	0,0194	0,0202	0,0235	0,0262	0,0282	0,0298	0,0298	0,0310	0,0310	0,0319	0,0319	0,0319
10,0	0,0140	0,0147	0,0154	0,0162	0,0167	0,0198	0,0222	0,0242	0,0258	0,0258	0,0270	0,0270	0,0280	0,0280	0,0280

Таблица 5

Значения коэффициентов  $K_x, K_y, K_{yz}$  для определения составляющих напряжений  
в случае действия равномерно распределенной нагрузки в условиях плоской задачи

$z/b$	Значения $u/b$																	
	0			0,25			0,5			1			1,5			2		
	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$	$K_x$	$K_y$	$K_{yz}$
0,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	0,96	0,45	0	0,90	0,39	0,13	0,50	0,35	0,30	0,02	0,17	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
0,50	0,82	0,18	0	0,74	0,19	0,16	0,48	0,23	0,26	0,08	0,21	0,13	0,02	0,12	0,04	0,00	0,07	0,02
0,75	0,67	0,08	0	0,61	0,10	0,13	0,45	0,14	0,20	0,15	0,22	0,16	0,04	0,14	0,07	0,02	0,10	0,04
1,00	0,55	0,04	0	0,51	0,05	0,10	0,41	0,09	0,16	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,13	0,05
1,25	0,46	0,02	0	0,44	0,03	0,07	0,37	0,06	0,12	0,20	0,11	0,14	0,10	0,12	0,10	0,04	0,11	0,07
1,50	0,40	0,01	0	0,38	0,02	0,06	0,33	0,04	0,10	0,21	0,06	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,09	0,08
1,75	0,35	-	0	0,34	0,01	0,04	0,30	0,03	0,08	0,20	0,05	0,10	0,14	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08
2,00	0,31	-	0	0,31	-	0,03	0,28	0,02	0,06	0,17	0,02	0,06	0,13	0,03	0,07	0,10	0,04	0,07
3,00	0,21	-	0	0,21	-	0,02	0,20	0,01	0,03	0,14	0,01	0,03	0,12	0,02	0,05	0,10	0,03	0,05
4,00	0,16	-	0	0,16	-	0,01	0,15	-	0,02	0,12	-	-	0,11	-	-	0,09	-	-
5,00	0,13	-	0	0,13	-	0,01	0,12	-	0,01	0,10	-	-	0,10	-	-	-	-	-
6,00	0,11	-	0	0,10	-	0,01	0,10	-	0,01	0,09	-	-	0,10	-	-	-	-	-

Таблица 6

Значения коэффициента  $K_c'$  для определения величины сжимающих напряжений при треугольной нагрузке

z/b	Значения y/b										
	1,5	-1	-0,5	0	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,500	0,750	0,500	0,000	0,000	0,000
0,25	-	-	0,001	0,075	0,256	0,480	0,643	0,424	0,015	0,003	0,000
0,50	0,002	0,003	0,023	0,127	0,263	0,410	0,477	0,353	0,056	0,017	0,003
0,75	0,006	0,016	0,042	0,153	0,248	0,335	0,361	0,293	0,108	0,024	0,009
1,00	0,014	0,025	0,061	0,159	0,223	0,275	0,279	0,241	0,129	0,045	0,013
1,50	0,020	0,048	0,096	0,145	0,178	0,200	0,202	0,185	0,124	0,062	0,041
2,00	0,033	0,061	0,092	0,127	0,146	0,155	0,163	0,153	0,108	0,069	0,050
3,00	0,050	0,064	0,080	0,096	0,103	0,104	0,108	0,104	0,090	0,071	0,050
4,00	0,051	0,060	0,067	0,075	0,078	0,085	0,082	0,075	0,073	0,060	0,049
5,00	0,047	0,052	0,057	0,059	0,062	0,063	0,063	0,065	0,061	0,051	0,047
6,00	0,041	0,041	0,050	0,051	0,052	0,053	0,053	0,053	0,050	0,050	0,045

Таблица 7

Значение коэффициента  $k_c$

Относительная толщина слоя $\zeta' = 2z/b$	Коэффициент $k_c$
$0 < \zeta' \leq 0,5$	1,5
$0,5 < \zeta' < 1$	1,4
$1 < \zeta' \leq 2$	1,3
$2 < \zeta' \leq 3$	1,2
$3 < \zeta' \leq 5$	1,1
$\zeta' > 5$	1,0

Таблица 8

Значение коэффициента  $k_m$

Среднее значение модуля деформации грунта основания E, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Значение коэффициента $k_m$ при ширине фундамента b, м, равной		
	b > 10	10 ≤ b ≤ 15	b > 15
E < 10 (100)	1	1	1
E > 10 (100)	1	1,35	1,5

Таблица 9

Значения коэффициента k (СНиП 2.02.01-83)

$\zeta = 2z/b$	Коэффициент k для фундаментов							
	круглых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$ , равным						ленточных ( $\eta \geq 10$ )
		1	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,4	0,090	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,104
0,8	0,179	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,208
1,2	0,266	0,299	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,311
1,6	0,348	0,380	0,394	0,397	0,397	0,397	0,397	0,412
2,0	0,411	0,446	0,472	0,482	0,486	0,486	0,486	0,511
2,4	0,461	0,499	0,538	0,556	0,565	0,567	0,567	0,605
2,8	0,501	0,542	0,592	0,618	0,635	0,640	0,640	0,687
3,2	0,532	0,577	0,637	0,671	0,696	0,707	0,709	0,763
3,6	0,558	0,606	0,676	0,717	0,750	0,768	0,772	0,831
4,0	0,579	0,630	0,708	0,756	0,796	0,820	0,830	0,892
4,4	0,596	0,650	0,735	0,789	0,837	0,867	0,883	0,949
4,8	0,611	0,668	0,759	0,891	0,873	0,908	0,932	1,001
5,2	0,624	0,683	0,780	0,844	0,904	0,948	0,977	1,050
5,6	0,635	0,697	0,798	0,867	0,933	0,981	1,018	1,095
6,0	0,645	0,708	0,814	0,887	0,958	1,011	1,056	1,138
6,4	0,653	0,719	0,828	0,904	0,980	1,041	1,090	1,178
6,8	0,661	0,728	0,841	0,920	1,000	1,065	1,122	1,215
7,2	0,668	0,736	0,852	0,935	1,019	1,088	1,152	1,251
7,6	0,674	0,744	0,963	0,948	1,036	1,109	1,180	1,285
8,0	0,679	0,751	0,872	0,960	1,051	1,128	1,205	1,316
8,4	0,684	0,757	0,881	0,970	1,065	1,146	1,229	1,347
8,8	0,689	0,762	0,888	0,980	1,078	1,162	1,251	1,376
9,2	0,693	0,768	0,896	0,989	1,089	1,178	1,272	1,404
9,6	0,697	0,772	0,902	0,998	1,100	1,192	1,291	1,431
10,0	0,700	0,777	0,908	1,005	1,110	1,205	1,309	1,456
11,0	0,705	0,786	0,922	1,022	1,132	1,233	1,349	1,506
12,0	0,720	0,794	0,933	1,037	1,151	1,257	1,384	1,550

Таблица 10

Значение  $e^{-x}$  в зависимости от  $x$

$x$	$e^{-x}$	$x$	$e^{-x}$	$x$	$e^{-x}$
0,000	1,000	0,37	0,691	0,83	0,436
0,001	0,999	0,38	0,684	0,84	0,431
0,002	0,998	0,39	0,677	0,85	0,427
0,003	0,997	0,40	0,670	0,86	0,423
0,004	0,996	0,41	0,664	0,87	0,419
0,005	0,995	0,42	0,657	0,88	0,415
0,006	0,994	0,43	0,651	0,89	0,411
0,007	0,993	0,44	0,644	0,90	0,407
0,008	0,992	0,45	0,638	0,91	0,403
0,009	0,991	0,46	0,631	0,92	0,399
0,01	0,990	0,47	0,625	0,93	0,394
0,02	0,980	0,48	0,619	0,94	0,391
0,03	0,970	0,49	0,613	0,95	0,387
0,04	0,961	0,50	0,607	0,96	0,383
0,05	0,951	0,51	0,601	0,97	0,379
0,06	0,942	0,52	0,595	0,98	0,375
0,07	0,932	0,53	0,589	0,99	0,372
0,08	0,923	0,54	0,583	1,00	0,368
0,09	0,914	0,55	0,577	1,01	0,364
0,10	0,905	0,56	0,571	1,02	0,351
0,11	0,896	0,57	0,566	1,03	0,357
0,12	0,887	0,58	0,560	1,04	0,353
0,13	0,878	0,59	0,554	1,05	0,350
0,14	0,869	0,60	0,549	1,06	0,346
0,15	0,861	0,61	0,543	1,07	0,343
0,16	0,852	0,62	0,538	1,08	0,340
0,17	0,844	0,63	0,533	1,09	0,336
0,18	0,835	0,64	0,527	1,10	0,333
0,19	0,827	0,65	0,522	1,10	0,333
0,20	0,819	0,66	0,517	1,11	0,330
0,21	0,811	0,67	0,512	1,12	0,326
0,22	0,803	0,68	0,507	1,13	0,323
0,23	0,795	0,69	0,502	1,14	0,320
0,24	0,787	0,70	0,497	1,15	0,317
0,25	0,779	0,71	0,492	1,16	0,313
0,26	0,771	0,72	0,487	1,17	0,310
0,27	0,763	0,73	0,482	1,18	0,307
0,28	0,756	0,74	0,477	1,19	0,304
0,28	0,748	0,75	0,472	1,20	0,301
0,30	0,741	0,76	0,467	1,21	0,298
0,31	0,733	0,77	0,463	1,22	0,295
0,32	0,726	0,78	0,458	1,23	0,292
0,33	0,719	0,79	0,454	1,24	0,289
0,34	0,712	0,80	0,449	1,25	0,286
0,35	0,705	0,81	0,445	1,26	0,284
0,36	0,698	0,82	0,440	1,27	0,281

Окончание табл. 10

$x$	$e^{-x}$	$x$	$e^{-x}$	$x$	$e^{-x}$
1,28	0,278	1,61	0,200	1,94	0,144
1,29	0,275	1,62	0,198	1,95	0,142
1,30	0,273	1,63	0,196	1,96	0,141
1,31	0,270	1,64	0,194	1,97	0,140
1,32	0,267	1,65	0,192	1,98	0,138
1,33	0,264	1,66	0,190	1,99	0,137
1,34	0,262	1,67	0,188	2,00	0,135
1,35	0,259	1,68	0,186	2,01	0,134
1,36	0,257	1,69	0,185	2,02	0,133
1,37	0,254	1,70	0,183	2,03	0,131
1,38	0,252	1,71	0,181	2,04	0,130
1,39	0,249	1,72	0,179	2,05	0,129
1,40	0,247	1,73	0,177	2,06	0,127
1,41	0,244	1,74	0,176	2,07	0,126
1,42	0,242	1,75	0,174	2,08	0,125
1,43	0,239	1,76	0,172	2,09	0,124
1,44	0,237	1,77	0,170	2,10	0,122
1,45	0,235	1,78	0,169	2,15	0,116
1,46	0,232	1,79	0,167	2,20	0,111
1,47	0,230	1,80	0,165	2,25	0,105
1,48	0,228	1,81	0,164	2,30	0,100
1,49	0,225	1,82	0,162	2,35	0,095
1,50	0,223	1,83	0,160	2,40	0,091
1,51	0,221	1,84	0,159	2,45	0,086
1,52	0,219	1,85	0,157	2,50	0,082
1,53	0,217	1,86	0,156	2,55	0,078
1,54	0,214	1,87	0,154	2,6	0,074
1,55	0,212	1,88	0,152	2,7	0,067
1,56	0,210	1,89	0,151	2,8	0,061
1,57	0,208	1,90	0,150	2,9	0,055
1,58	0,206	1,91	0,148	3,0	0,050
1,59	0,204	1,92	0,147	4,0	0,018
1,60	0,202	1,93	0,145	5,0	0,007
				6,0	0,002
				7,0	0,001
				10,0	0,000



## ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

**Раздел I. Основные закономерности механики грунтов**

Вопрос 1. Какими показателями наиболее полно характеризуются грунты?

Варианты ответов:

1. Плотность, плотность сухой породы, влажность грунта.
2. Сжимаемость, водопроницаемость, контактное сопротивление сдвигу, деформируемость.
3. Пористость, степень водонасыщения, водопроницаемость грунтов, влажность.

Вопрос 2. Каковы особенности уплотнения песчаных и глинистых грунтов?

Варианты ответов:

1. Принципиально нет никаких особенностей уплотнения песчаных и глинистых грунтов.
2. Относительная плотность песчаных грунтов зависит от влажности, а глинистых – не зависит.
3. В отличие от крупнообломочных и зернистых пород глинистые породы обладают свойством пластичности.
4. При динамических воздействиях пористость песков увеличивается, а глинистых грунтов – уменьшается.

Вопрос 3. Какие используются приборы для определения основных показателей сжимаемости грунтов?

Варианты ответов:

1. Прибор для простого сжатия грунтов.
2. Одноштоковый шаровой штамп конструкции Н.А. Цытовича.
3. Компрессионный прибор – одометр.
4. Полевая установка испытания грунтов по методу лопастного среза.

Вопрос 4. Чем обусловлена водопроницаемость грунтов?

Варианты ответов:

1. Минералогическим составом грунта и наличием органических примесей.
2. Наличием твердых минеральных частиц в грунте.
3. Наличием пор в грунте.

Вопрос 5. Как выражается вторая закономерность механики грунтов – закон фильтрации?

Варианты ответов:

1. Фильтрация воды в грунтах не зависит от степени уплотнения грунта.

2. Движение разных видов воды в грунтах происходит под влиянием только гравитационного фактора, т.е. под действием разности напоров воды.

3. Скорость фильтрации воды в порах грунта пропорционально гидравлическому градиенту.

Вопрос 6. Как изменяется скорость фильтрации воды от напорного градиента?

Варианты ответов:

1. Фильтрация воды в глинистых грунтах начинается сразу после передачи напора.
2. Фильтрация воды в песчаных грунтах зависит от минералогического состава и начинается лишь при достижении некоторого градиента напора.
3. Фильтрация воды в глинистых грунтах начинается лишь при достижении некоторого градиента напора (начального градиента)

Вопрос 7. Как выражается закон Кулона для глинистых грунтов?

Варианты ответов:

1. Предельное сопротивление сыпучих грунтов сдвигу обратно пропорционально нормальному напряжению.
2. Предельное сопротивление связных грунтов сдвигу есть функция второй степени от нормального давления.
3. Предельное сопротивление сыпучих грунтов сдвигу прямо пропорционально нормальному давлению.
4. Предельное сопротивление связных грунтов сдвигу при завершённой их консолидации есть функция первой степени от нормального напряжения.

Вопрос 8. От каких факторов зависит сопротивление сдвигу у песчаных грунтов?

Варианты ответов:

1. Сопротивлению сдвигу песчаных грунтов зависит от давления и размеров твердых частиц грунта.
2. Сопротивление сдвигу глинистых грунтов зависит от коэффициента внутреннего трения и удельного сцепления.
3. Сопротивление сдвигу песчаных грунтов есть только сопротивление трению, пропорциональное внешнему давлению.
4. Сопротивление сдвигу глинистых грунтов зависит от структурных связей и вязкости водно-коллоидных оболочек частиц.

Вопрос 9. Какие существуют схемы испытания грунтов на сдвиг?

Варианты ответов:

1. Существуют три схемы испытания грунтов на сдвиг: по закрытой, промежуточной и открытой системам.

2. Для связных грунтов существует две схемы испытания на сдвиг: по закрытой и открытой системам.
3. Для связанных грунтов существует три схемы испытания на сдвиг.
4. Испытание сыпучих (несвязных) грунтов осуществляется по промежуточной схеме.
5. Испытание сыпучих грунтов осуществляется по закрытой системе.

### **Раздел II. Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельных состояниях**

Вопрос 10. В какой фазе напряженного состояния грунта развиваются преимущественно остаточные деформации и осадки, связанные с затухающей ползучестью?

Варианты ответов:

1. Развития интенсивных деформаций сдвигов и уплотнения по сторонам от зон пластических деформаций.
2. Упругих деформаций.
3. Уплотнения и местных сдвигов.
4. Выпирания грунта в стороны и вверх.

Вопрос 11. В каком диапазоне давлений для песчаных и глинистых грунтов можно принять прямую зависимость между напряжениями и деформациями?

Варианты ответов:

1. (0,05...0,3) МПа.
2. (0,3...0,6) МПа.
3. 0,6 МПа и выше.

### **Раздел III. Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта**

Вопрос 12. При соблюдении каких условий возможно применение теории линейно-деформируемых тел для определения напряжений в грунтах?

Варианты ответов:

1. Грунт рассматривается в пределах двух фаз: уплотнения и развития интенсивных деформаций сдвигов.
2. Грунт является сплошным линейно-деформируемым телом, испытывающим одноразовое нагружение.
3. Грунты, обладающие зернистостью и анизотропией.

Вопрос 13. Как распределяются напряжения по вертикальным сечениям при воздействии нагрузки в условиях плоской задачи?

Варианты ответов:

1. Распоры.
2. Изобары.
3. Сдвиги.

Вопрос 14. На какую глубину распределяются вертикальные сжимающие напряжения в случае плоской задачи?

Варианты ответов:

1. До 2в.
2. До 6в.
3. До 8в.
4. До 10в.

Вопрос 15. От чего зависит распределение контактных давлений по подошве гибких фундаментов?

Варианты ответов:

1. Гибкости фундаментов и глубины их заложения.
2. Внешней нагрузки.
3. Прочностных характеристик грунтов основания.
4. От всех вышеперечисленных факторов.

Вопрос 16. Сколько возможно вариантов расчета напряжений методом узловых точек?

Варианты ответов:

1. Два.
2. Три.
3. Четыре.
4. Шесть.

### **Раздел IV. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения**

Вопрос 17. К каким грунтам применима теория предельного равновесия?

Варианты ответов:

1. Плотным.
2. Рыхлым.
3. Лессовым просадочным.
4. Грунтам неустойчивой структуры.

Вопрос 18. Какие существуют критические нагрузки на грунт?

Варианты ответов:

1. Первая – начальная критическая, вторая – предельная.
2. Первая – в фазе сдвигов, вторая – уплотнения грунта.
3. Первая – при незатухающей деформации, вторая – затухающей.

Вопрос 19. В каких случаях обеспечивается устойчивость откоса в идеально сыпучих грунтах?

Варианты ответов:

1. Угол заложения откоса больше угла внутреннего трения.
2. Расчетное значение угла внутреннего трения не соответствует предельному состоянию откоса.
3. Угол заложения откоса равен или меньше угла внутреннего трения.

Вопрос 20. Какие допущения предложены Кулоном для практических расчетов давлений грунтов на подпорные стенки?

Варианты ответов:

1. Поверхность скольжения имеет очертание ломаной линии, а грунт однородный.
2. Не учитывается влияние трения грунта на подпорную стенку.
3. Призму обрушения и призму выпирания принимают в виде трапеции.
4. Поверхность скольжения плоская, а призма обрушения соответствует максимальному давлению грунта на подпорную стенку.

Вопрос 21. От чего зависит давление грунтов на подпорные стенки?

Варианты ответов:

1. От свойств грунтов засыпки и их изменения во времени.
2. Размеров подпорных сооружений.
3. Возможных перемещений стойки.
4. От всех перечисленных выше условий.

Вопрос 22. Что нужно учитывать при определении давления связных грунтов на подпорную стенку?

Варианты ответов:

1. Крутизну откоса.
2. Однородность грунта засыпки.
3. Всестороннее равномерное давление связности.
4. Угол внутреннего трения грунта.

Вопрос 23. Какие наиболее опасные сечения для стальных труб, прокладываемых в траншеях, с горизонтальной поверхностью засыпки?

Варианты ответов:

1. Под углом  $45^\circ$ .
2. По вертикали.
3. Под углом  $30^\circ$ .
4. По горизонтали.

## Раздел V. Деформация грунтов и расчет осадок фундаментов

Вопрос 24. Сколько имеется методов расчета осадок фундаментов по СНиП 2.02.01-83?

Варианты ответов:

1. Один.
2. Два.
3. Три.
4. Четыре.

Вопрос 25. В каких случаях используется расчетная схема в виде линейно-деформируемого слоя конечной толщины?

Варианты ответов:

1. Если в пределах сжимаемой толщи основания залегает слой грунта с модулем  $E \leq 100$  МПа, а суммарная толщина слоев  $h \geq 0,2 H$ .
2. Если ширина или диаметр фундамента  $b \leq 10$  м и модуль общей деформации  $E \geq 10$  МПа.
3. Если ширина или диаметр фундамента  $E \geq 10$  МПа и  $b \geq 10$  м.
4. Если  $b \geq 10$  м и  $E \leq 100$  МПа.

Вопрос 26. Когда заканчиваются осадки зданий, в основании которых находятся чистые пески?

Варианты ответов:

1. Через год.
2. Десятки лет.
3. Сотни лет.
4. По окончании строительства.

Вопрос 27. Для каких грунтов теория фильтрационной консолидации будет применима?

Варианты ответов:

1. Песчаных.
2. Торфянистых.
3. Илистых.
4. Неуплотненных, слабо водонасыщенных глинистых.

Вопрос 28. Как распределяются уплотняющие давления по глубине при действии сплошной нагрузки?

Варианты ответов:

1. По закону треугольника.
2. Прямоугольника.
3. Трапеции.
4. Комбинированные случаи.



**Раздел VI. Реологические процессы в грунтах и их прогноз**

Вопрос 29. Что является физической основой реологических процессов в грунтах?

Варианты ответов:

1. Релаксация напряжений и установившаяся ползучесть.
2. Деформация ползучести и фильтрационной консолидации.
3. Деформация ползучести и релаксация напряжений.

Вопрос 30. Сколько стадий ползучести глинистых грунтов во времени?

Варианты ответов:

1. Две.
2. Три.
3. Четыре.
4. Пять.

Вопрос 31. Сколько существует методов для исследования релаксации напряжений и определения длительной прочности грунтов?

Варианты ответов:

1. Два.
2. Три.
3. Четыре.
4. Пять.

**Раздел VII. Численные методы расчета задач механики грунтов**

Вопрос 32. Сколько численных методов нашли наибольшее применение в механике грунтов?

Варианты ответов:

1. Один.
2. Два.
3. Три.
4. Четыре.

Вопрос 33. Что является важной особенностью численных методов по сравнению с аналитическими?

Варианты ответов:

1. Не требуют изменения алгоритма решения конкретной задачи.
2. Позволяют проектировать более экономичные фундаментные конструкции с надежным расчетным основанием.
3. Решение задач консолидации, ползучести, динамики грунтов, гидродинамики с применением высокопроизводительных ЭВМ.
4. Они могут быть описаны стандартными алгоритмами и оформлены в виде самостоятельных программ.

Методические указания к курсу .....	3
Задания и методические указания к контрольной работе .....	9
Содержание работы и порядок ее выполнения .....	9
Указания к оформлению работы .....	10
Задания к контрольной работе .....	11
Методические указания к выполнению контрольной работы .....	18
Литература .....	26
Приложения .....	27

Составители:

*Александр Георгиевич Петухов  
Адольф Васильевич Гаврилов  
Людмила Михайловна Ковалева  
Сергей Андреевич Макаров*

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к курсу,  
задания и методические указания к контрольной работе  
для студентов-заочников III курса специальностей:  
270102.65 (290300), 270105.65 (290500), 270113.65 (291300)

Директор Издательско-полиграфического  
центра И.В. Панова  
Редактор И.М. Чужакина  
Корректор Р.Н. Шульгина  
Компьютерная верстка Е.П. Марченко

ЛР № 020318 от 23 декабря 1996 г.

Подписано в печать 07.09.2006. Формат 60×84 1/16.  
Печать офсетная. Бумага газетная.  
Печ. л. 3,0. Изд. № 7. Тираж 2000 экз. Заказ № 4280.

Издательско-полиграфический центр МИКХиС  
109029, Москва, Ср. Калитниковская ул., д. 30.  
E-mail: [ipcmikhis@rambler.ru](mailto:ipcmikhis@rambler.ru)  
Тел. 911-58-03, факс 670-71-80.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,  
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403. Тел. 554-21-86.