

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

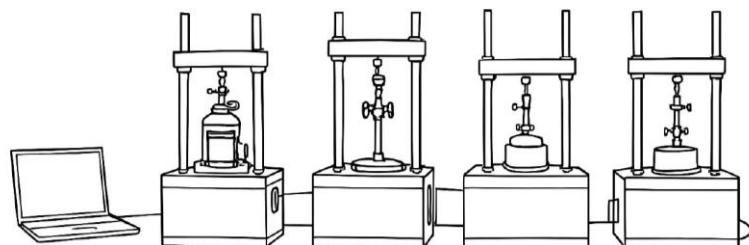
Институт геологии и нефтегазовых технологий

Кафедра общей геологии и гидрогеологии

**А.И. Латыпов, И.С. Нуриев, Р.М. Усманов, А.Н. Гараева**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АСИС**

Учебно-методическое пособие



**КАЗАНЬ**

2025

**УДК 624.131.3**

**ББК 26.3**

**О62**

*Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией  
Института геологии и нефтегазовых технологий  
Казанского (Приволжского) федерального университета  
(протокол № 2 от 02.10.2025).*

*Одобрено на заседании кафедры общей геологии и гидрогеологии  
Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского  
(Приволжского) федерального университета  
(протокол № 2 от 15.09.2025 г.)*

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Тучкова О.А.** - кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной безопасности КНИТУ г.Казань.

**Королев Э.А.** - кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии ИГиНГТ КФУ г.Казань.

**О 62 Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов с помощью измерительно-вычислительного комплекса АСИС: Учебно-методическое пособие (переиздание 1)/ Латыпов А.И., Нуриев И.С., Усманов Р.М., Гараева А.Н. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2025. – 30 с.**

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов профиля подготовки 05.03.01 «Геология» направления «Гидрогеология и инженерная геология». В работе приводятся описание порядка выполнения и обработки результатов лабораторных работ по курсу «Механика грунтов» с помощью измерительно-вычислительного комплекса АСИС.

**УДК 624.131.3**

**ББК 26.3**

© Латыпов А.И., Нуриев И.С., Усманов Р.М., Гараева А.Н., 2025

© Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
<b>ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АСИС</b>	5
<b>1.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «СЖИМАЕМОСТЬ ГРУНТОВ»</b>	11
1.1. Компрессионное сжатие (консолидация)	11
1.2. Метод определения характеристик просадочности	12
1.3. Прямой метод определения давления набухания (метод компенсирующих нагрузок)	13
1.4. Косвенный метод определения давления набухания (метод арретирного хода)	14
1.5. Метод свободного набухания	16
1.6. Прямой метод определения давления свободного набухания	17
<b>2.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТОВ СДВИГУ»</b>	19
2.1. Неконсолидированно-недренированное испытание на прямой срез	19
2.2. Консолидированно-дренированное испытание на прямой срез	20
<b>3.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ»</b>	22
<b>4.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ТРЕХОСНОЕ СЖАТИЕ»</b>	24
4.1. Неконсолидированно-недренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре	24
4.2. Консолидированно-недренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре	26
4.3. Консолидированно-дренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре	27
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	29

## **ВВЕДЕНИЕ**

При изучении курса «Механика грунтов» значительная роль отводится испытаниям образцов грунта в лабораторных условиях.

Задачей лабораторного практикума по курсу «Механика грунтов» является изучение основных методов лабораторных определений прочностных и деформационных характеристик свойств дисперсных грунтов.

Дисперсными называют грунты, состоящие из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабо связанных друг с другом и образованных в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым путем.

Практикум заключается в выполнении под руководством преподавателя лабораторных работ в кафедральной лаборатории.

**До того, как приступить к работе, студент обязан:**

1. Ознакомиться с соответствующим разделом методических указаний
2. Получить у преподавателя необходимые исходные данные для выполнения лабораторной работы

**В процессе проведения работ необходимо:**

1. Стого соблюдать требования техники безопасности.
2. Выполнять работы только под контролем преподавателя и в указанной им последовательности.

Результаты лабораторных работ оформляются в виде отчета и сдаются преподавателю.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АСИС

Измерительно-вычислительный комплекс АСИС — это функционально объединенная совокупность средств измерений, компьютеров и механических устройств (приборов), предназначенная для испытания пылевато-глинистых грунтов, с целью определения их прочностных и деформационных свойств.

Для выполнения лабораторных работ используется экспресс-лаборатория, включающая в себя силовую раму и различные механические устройства, реализующие проведение следующих методов испытания:

- 1) одноосное сжатие
- 2) компрессионное сжатие
- 3) одноплоскостной срез
- 4) трехосное сжатие

Испытания проводятся в автоматическом режиме с использованием программы GEOTEK ASIS. Для проведения испытания требуется только выбрать схему испытания и установить ее параметры. Испытание проводится полностью без участия пользователя: автоматически производится нагружение образца грунта по выбранной схеме и автоматически снимаются и сохраняются в базе данных показания с датчиков деформаций и нагрузок.

Обработка результатов испытаний выполняется с использованием программы GEOTEK ASISReport. Градуировка и калибровка измерительных каналов выполняется с использованием программы GEOTEK ASISGrad.

### Подготовка образца грунта и испытанию

Компрессионное и сдвиговое испытательное устройство имеет в своей конструкции кольцо, с помощью которого готовятся образцы цилиндрической формы. Испытания могут проводиться как с образцами ненарушенной структуры, так и нарушенной.

Для подготовки образца ненарушенной структуры кольцо ставится острым краем на монолит грунта и легким нажимом постепенно врезается в грунт. Лишний грунт вокруг кольца удаляется ножом. Верхний и нижний торцы образца тщательно выравниваются ножом вровень с краями кольца. На торцы образца укладываются кружки фильтровальной бумаги, смоченные водой.

Образцы грунта нарушенной структуры готовятся непосредственно в кольце путем его послойного заполнения и уплотнения грунтом.

Для проведения испытания грунта в стабилометре готовятся образцы цилиндрической формы.

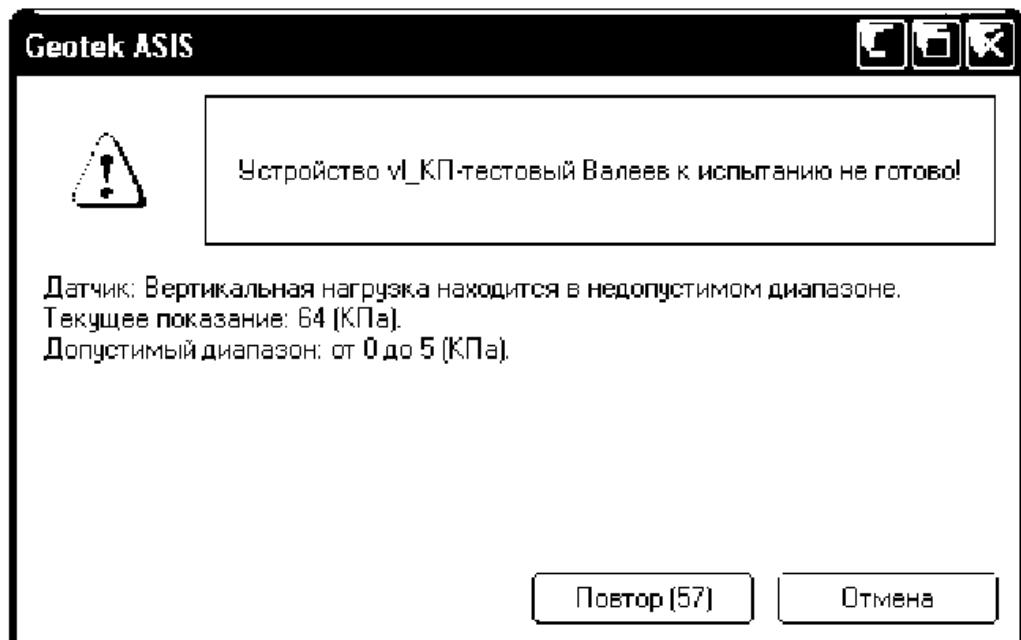
### Настройка датчиков

Перед проведением испытания необходимо установить все датчики перемещения, которые есть в устройстве, в начальное положение (немного больше нуля) и, если в устройстве есть датчики давления, проверить их показания, и в случае наличия давления, сбросить его.

Показания датчиков можно просмотреть в диалоговом окне настройки датчиков, выбрав необходимый прибор в списке приборов главного окна программы.

Вертикальное давление на образец, КПа	4,31
Вертикальная деформация образца, мм	0,54

При попытке запуска испытания на устройстве, датчики которого не установлены в начальное положение, программа выдаст сообщение об ошибке, в котором будет выведена более точная информация о датчиках, не прошедших контроль.



## Тарировка устройства

При проведении испытаний во время сжатия образца деформации складываются из деформаций образца грунта и деформации самого устройства (одометра, устройства одноплоскостного среза, камеры трехосного сжатия). Несмотря на то, что деформации устройства малы (до 0,01мм) тем не менее, их необходимо учитывать, чтобы устранить погрешность в измерениях.

Для исключения дополнительной деформации, обусловленной конструкцией устройства и сжатием фильтровальной бумаги на различных ступенях нагрузления необходимо перед началом испытания произвести тарировку прибора.

В процессе тарировки устройства нагрузка прикладывается ступенями. Количество ступеней различно для тарировки различных устройств. Интервал времени между ступенями – 2 минуты. На каждой ступени снимаются показания с датчиков давления и деформации.

Тарировка прибора производится в следующей последовательности:

1. Поместите в устройство тарировочную шайбу и фильтровальную бумагу с обоих сторон шайбы
2. Выберите в комплекте устройств главное окно устройство, которое необходимо тарировать
3. Выберите тип испытания **Тарировка устройства**, а далее по стандартной схеме **проведения испытания**

Каждый прибор тарируется отдельно. Рекомендуется проводить тарировку одометра, устройства одноплоскостного среза и камеры трехосного сжатия после градуировки измерительных каналов.

### **Общая схема проведения испытания**

Испытания проводятся в автоматическом режиме с использованием программы GEOTEK ASIS.

Основной принцип проведения испытания, реализованный в программе, сводится к выполнению пользователем следующей последовательности действий:

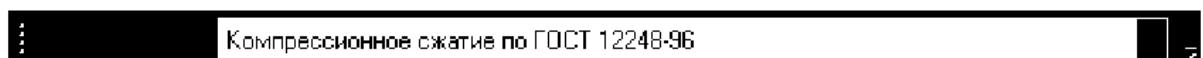
- выбор устройства для проведения испытания
- выбор типа испытания
- запуск испытания на выполнение
- ввод информации об образце грунта
- ввод/выбор информации о схеме нагружения

#### **Выбор устройства для проведения испытания**

На панели **Комплект** необходимо выбрать (щелчком мыши) устройство, на котором необходимо провести испытание образца грунта.

#### **Выбор типа испытания**

В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выбрать тип испытания.



#### **Запуск испытания на выполнение**

После того, как устройство и тип испытания были выбраны, можно запустить испытание на выполнение. Запуск можно осуществить кнопкой пуск на панели инструментов, либо из главного меню **Испытание-Пуск**. Горячая клавиша <F5>.

### **Обработка результатов испытаний**

В процессе испытания образца грунта постоянно производится снятие показаний с различных датчиков, которыми комплектуется устройство. После предварительной обработки в программе испытания показания сохраняются в протоколе испытания.

Обработка результатов испытаний выполняется с использованием программы GEOTEK ASISReport в следующей последовательности:

1. Запустите программу Geotek ASISReport.
2. Выберите в диалоговом окне базу данных, соответствующую номеру группы.
3. В правой половине окна при необходимости можно скорректировать основные и дополнительные параметры, или задать их, если они не были заданы до проведения испытания.

AsisReport

Файл Правка Диаграмма Расчет Настройка Справка

Базы данных  
Стандартная  
Группа 324  
Группа 334

Протокол испытания

Основные параметры

Схема испытания: Консолидированно-дренированное трехосное сжатие по ГОСТ 12248-96

Прибор: СТ6-1 Дата начала: 2007/08/29 17:56

Файл: Test10.xml Дата завершения: 2007/08/29 20:52

Номер образца: Образец №1

Описание образца: От: 29.08.2007 17:55:14

Грунт: Глина Тип грунта: Связный

Скважина: Правка

ИГЭ: ИГЭ №12 Правка

Время	Вместоине н.	Вертикальное н.	Напряжение в п.	Горизонтальна...	Вертикальная д...	Боковое обжатие	Ступень
29.08.2007 17:56:52	0	0	0	0	0		
29.08.2007 18:02:03	0,2957	0,2957	0	-0,23	0,475	☒	☒
29.08.2007 18:02:03	0,2957	0,2957	0	-0,23	0,475	☒	☒
29.08.2007 18:07:03	0,296	0,296	0	-0,236	0,484	☒	☒
29.08.2007 18:07:04	0,296	0,296	0	-0,236	0,484	☒	☒
29.08.2007 18:12:04	0,296	0,296	0	-0,239	0,484	☒	☒
29.08.2007 18:13:04	0,2953	0,2953	0	-0,239	0,484	☒	☒
29.08.2007 18:14:22	0,2957	0,3266	0	-0,243	1,428	☒	☒
29.08.2007 18:15:25	0,2964	0,3582	0	-0,237	1,501	☒	☒
29.08.2007 18:16:29	0,296	0,4301	0	-0,212	1,703	☒	☒
29.08.2007 18:17:32	0,296	0,4146	0	-0,212	1,717	☒	☒
29.08.2007 18:18:35	0,2957	0,4452	0	-0,211	1,758	☒	☒
29.08.2007 18:19:53	0,2957	0,4761	0	-0,185	1,897	☒	☒
29.08.2007 18:21:43	0,2967	0,5056	0	-0,164	2,078	☒	☒
29.08.2007 18:23:19	0,2957	0,6566	0	-0,141	2,166	☒	☒
29.08.2007 18:24:20	0,2967	0,5674	0	-0,139	2,166	☒	☒
29.08.2007 18:26:09	0,2953	0,6047	0	-0,095	2,371	☒	☒
29.08.2007 18:27:26	0,2967	0,7094	0	-0,054	2,541	☒	☒
29.08.2007 18:28:41	0,2953	0,6802	0	-0,07	2,885	☒	☒
29.08.2007 18:30:40	0,296	0,7216	0	-0,038	2,877	☒	☒
29.08.2007 18:30:40	0,2957	0,7342	0	-0,105	3,065	☒	☒
29.08.2007 18:34:18	0,2964	0,7635	0	-0,197	3,365	☒	☒
29.08.2007 18:35:35	0,296	0,7542	0	-0,038	3,77	☒	☒
29.08.2007 18:36:51	0,2967	0,8105	0	-0,397	3,929	☒	☒
29.08.2007 18:38:51	0,2971	0,8575	0	-0,578	4,422	☒	☒
29.08.2007 18:40:37	0,2957	0,9813	0	-0,694	4,751	☒	☒
29.08.2007 18:42:53	0,2963	0,9128	0	-0,863	5,163	☒	☒
29.08.2007 18:44:23	0,2964	0,9424	0	-0,972	5,473	☒	☒
29.08.2007 18:46:23	0,2957	0,9469	0	-1,145	5,963	☒	☒
29.08.2007 18:48:55	0,2957	1,0013	0	-1,502	6,826	☒	☒
29.08.2007 18:50:55	0,2964	1,0046	0	-1,653	7,188	☒	☒
29.08.2007 18:53:41	0,2963	1,0477	0	-1,998	7,979	☒	☒
29.08.2007 18:56:12	0,2964	1,0773	0	-2,235	8,502	☒	☒
29.08.2007 18:58:14	0,2957	1,1548	0	-2,536	9,175	☒	☒
29.08.2007 19:01:15	0,2957	1,1522	0	-2,807	9,822	☒	☒
29.08.2007 19:03:31	0,2964	1,1661	0	-3,08	10,48	☒	☒
29.08.2007 19:03:31	0,2964	1,1661	0	-3,08	11,161	☒	☒

4. Запустите начало расчета кнопкой на панели инструментов **Расчет** или клавишей F5.
5. В появившемся окне выберите способ расчета, который необходимо произвести.
6. Пометьте галочкой номера образцов, участвующих в расчете. Нажмите кнопку **Далее** чтобы запустить расчет.

Расчет

Испытания

Выберите испытания, которые будут участвовать в расчете.

Класс грунта: Связный

Строительная площадка: Группа 334

Испытания:

Образец №1  
 Образец №2  
 Образец №3  
 Образец №4  
 Образец №5

Выделить все

Отменить все

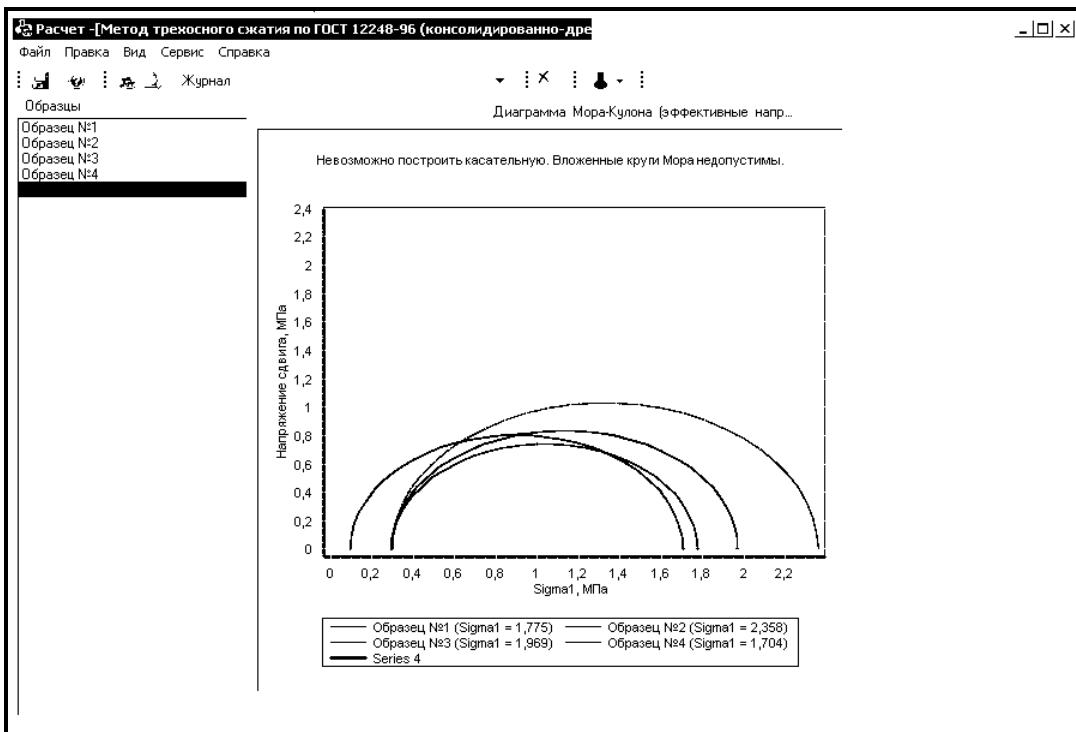
< Назад Далее > Отмена

7. После окончания расчета на экране появится окно с результатами расчета

Расчет -Метод трехосного сжатия по ГОСТ 12248-96 (консолидированно-дренажный)												
Файл Правка Вид Сервис Справка												
Образцы Журнал												
Образец №1												
Образец №2	Дата/время	Sigma1, МПа	Sigma3, МПа	U, МПа	E1, мм	E3, мм	Eps1	Eps3	Боковое	E, МПа	Kv	Si
Образец №3	29.08.2007 18:02	0,2957	0,2957	0	0,475	-0,23	0,00625	-0,00403	✓	0	0,64561	0
Образец №4	29.08.2007 18:02	0,2957	0,2957	0	0,475	-0,23	0,00625	-0,00403	✓	0	NaN	0
Образец №5	29.08.2007 18:07	0,296	0,296	0	0,484	-0,236	0,00636	-0,00414	✓	0	0,88889	0
	29.08.2007 18:07	0,296	0,296	0	0,484	-0,236	0,00636	-0,00414	✓	0	NaN	0
	29.08.2007 18:12	0,296	0,296	0	0,484	-0,239	0,00636	-0,00419	✓	0	бесконеч	0
	29.08.2007 18:13	0,29529	0,29529	0	0,484	-0,239	0,00636	-0,00419	✓	0	NaN	0
	29.08.2007 18:14	0,32660	0,2957	0	1,428	-0,243	0,01878	-0,00426	□	2,51991	0,00564	0,0
	29.08.2007 18:15	0,3582	0,29639	0	1,501	-0,237	0,01975	-0,00415	□	32,8986	0,10958	0,0
	29.08.2007 18:16	0,4301	0,296	0	1,703	-0,212	0,02240	-0,00371	□	27,0514	0,16501	0,0
	29.08.2007 18:17	0,4146	0,296	0	1,717	-0,212	0,02259	-0,00371	□	84,1429	0	0,0
	29.08.2007 18:18	0,44520	0,2957	0	1,758	-0,211	0,02313	-0,00370	□	56,7219	0,03252	0,0
	29.08.2007 18:19	0,4761	0,2957	0	1,897	-0,185	0,02496	-0,00324	□	16,8949	0,24940	0,1
	29.08.2007 18:21	0,50560	0,2967	0	2,078	-0,164	0,02734	-0,00287	□	12,3867	0,15469	0,1
	29.08.2007 18:23	0,6566	0,2957	0	2,186	-0,141	0,02876	-0,00247	□	106,259	0,28395	0,2
	29.08.2007 18:24	0,56740	0,2967	0	2,186	-0,139	0,02876	-0,00243	□	бесконеч	бесконеч	0,1
	29.08.2007 18:26	0,6047	0,29529	0	2,37	-0,095	0,03118	-0,00166	□	15,4065	0,31884	0,1
	29.08.2007 18:27	0,7094	0,2967	0	2,541	-0,054	0,03343	-0,00094	□	46,5333	0,31968	0,2
	29.08.2007 18:28	0,682	0,29529	0	2,685	-0,017	0,03532	-0,00029	□	14,4611	0,34259	0,2
	29.08.2007 18:30	0,7216	0,296	0	2,877	0,038	0,03785	0,00066	□	15,6749	0,38194	0,2
	29.08.2007 18:32	0,7342	0,2957	0	3,095	0,105	0,04072	0,00184	□	4,39266	0,40978	0,2
	29.08.2007 18:34	0,7635	0,29639	0	3,365	0,197	0,04427	0,00345	□	8,24740	0,45432	0,2
	29.08.2007 18:35	0,7942	0,296	0	3,77	0,338	0,04960	0,00592	□	5,76099	0,46419	0,2
	29.08.2007 18:36	0,8105	0,2967	0	3,929	0,397	0,05169	0,00696	□	7,79120	0,49475	0,2
	29.08.2007 18:38	0,8575	0,2971	0	4,422	0,578	0,05818	0,01014	□	7,24543	0,48951	0,3
	29.08.2007 18:40	0,8613	0,2957	0	4,751	0,694	0,06251	0,01217	□	0,87780	0,47011	0,3
	29.08.2007 18:42	0,9128	0,29529	0	5,163	0,863	0,06793	0,01514	□	9,49999	0,54692	0,3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Для вычисления прочностных и деформационных параметров может понадобиться добавление для каждого образца дополнительных характеристик, для чего необходимо нажать кнопку на панели инструментов **добавить характеристику**. Добавление производится выделением на появившейся диаграмме с помощью мыши одной или нескольких точек, соответствующих исследуемому интервалу нагрузки или деформации.

8. Во вкладках **Характеристики** можно просмотреть численные значения полученных параметров, а во вкладке **Диаграммы** графическое представление результатов расчета.



9. Распечатайте журнал испытания образца кнопкой **Печать** и сдайте подписанный отчет преподавателю.

**Вопросы к самоконтролю:**

- 1.Что такое измерительно-вычислительный комплекс АСИС? Из каких действий складывается последовательность проведения механических испытаний?
- 2.Как готовятся образцы ненарушенного и нарушенного сложения при механических испытаниях грунтов?
- 3.Опишите схемы лабораторных испытаний на просадочность?
4. Какие требования к числу параллельных опытов и статистической обработке результатов уместны для подтверждения просадочности?
5. В чем суть метода компенсирующих нагрузок и какие граничные условия реализуются (постоянная высота/нулевая вертикальная деформация)?
6. Опишите последовательность опыта: исходные параметры образца (влажность, плотность), посадочная нагрузка, режим увлажнения, правила регулирования компенсирующей нагрузки?
7. Каков принцип косвенного метода: каким образом деформация системы «образец–арретир/пружина» пересчитывается в эквивалентное давление набухания?
8. Как проводится калибровка арретирного устройства (определение жесткости, проверка линейности) и как учитываются паразитные деформации системы?
9. Какие параметры регистрируются (деформация–время, масса образца/воды) и как оценивается предельная деформация свободного набухания?
10. Какие зависимости строятся для интерпретации (давление–время, деформация–время, переходные режимы) и как выделяется установившееся значение?

## 2.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «СЖИМАЕМОСТЬ ГРУНТОВ»

Сжимаемостью грунтов называется их способность уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки.

Цель работы: Ознакомление с методикой основного лабораторного способа оценки сжимаемости грунтов.

Задачи работы:

1. Проведение испытаний грунта на сжимаемость в компрессионном приборе
2. Определение характеристик сжимаемости

### 1.1 Компрессионное сжатие (консолидация)

#### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом пластичной консистенции нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта и испытанию.**

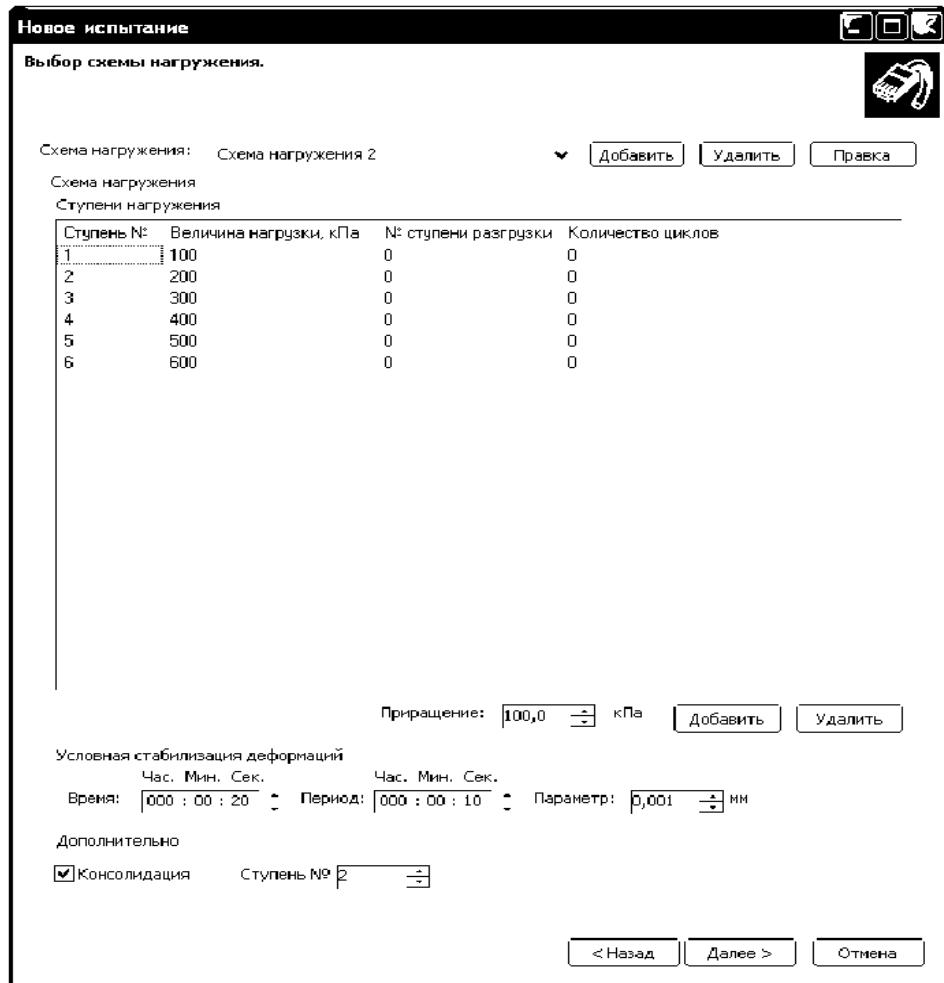
Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настойка датчиков**).

#### Проведение испытания

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: количество ступеней нагрузки и разгрузки, величину ступени нагрузки и разгрузки, количество циклов, время, период и параметр условной стабилизации, а также номер ступени консолидации.

Работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Запустите программу Geotek ASIS.
2. Выберите в главном окне на панели **Комплект** устройство, на котором необходимо провести испытание (КП).
3. В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Компрессионное сжатие по ГОСТ 12248).
4. Запустите начало испытания кнопкой на панели инструментов **Испытание** или клавишей F5.
5. В появившемся окне введите информацию об образце грунта (строительную площадку, скважину, инженерно-геологический элемент, грунт и лабораторный номер образца).
6. В окне **Схема нагружения** задайте параметры схемы нагружения. Нагружение образца в процессе испытания производится ступенями. Количество ступеней не ограничено. Величину каждой ступени можно задать в таблице в столбце **Величина нагрузки**. При необходимости можно произвести и разгрузку образца. Разгрузка, как и нагрузка, производится ступенями. Если необходимо повторить несколько раз цикл нагрузки-разгрузки, установите количество повторов в столбце **Количество циклов**.
7. Задайте параметры условной стабилизации.
8. При необходимости определения характеристик консолидации задайте номер ступени консолидации.



9. В случае корректного ввода исходных данных управление будет передано процессу исполнения испытания, который отображается в окне просмотра испытания.

### **Оформление результатов испытаний**

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

## **1.2 Метод определения характеристик просадочности**

### **Подготовка к испытанию**

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом полутвердой или тугопластичной консистенции. Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта к испытанию**.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настойка датчиков**).

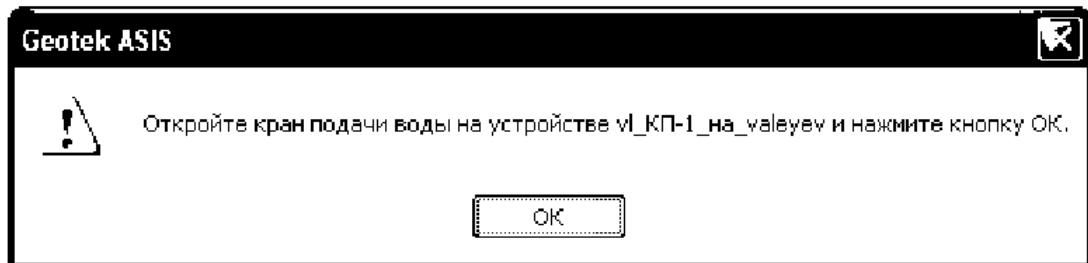
### **Проведение испытания**

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: количество ступеней нагрузки и разгрузки, величину ступени нагрузки и

разгрузки, количество циклов, время, период и параметр условной стабилизации, а также номер ступени, на которой необходимо выполнить просадку.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

В числовом поле **Ступень просадки** установите номер ступени, на которой требуется определить характеристики просадочности. После установки условной стабилизации деформации на соответствующей ступени образец необходимо влагонасытить, о чем программа проинформирует в окне сообщения.



### **Оформление результатов испытаний**

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

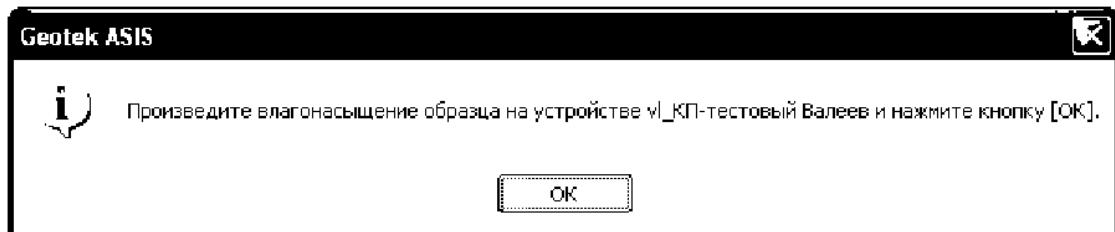
### **1.3 Прямой метод определения давления набухания (метод компенсирующих нагрузок)**

#### **Подготовка к испытанию**

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом. Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта к испытанию**.

Перед началом испытания образец необходимо влагонасытить, о чем программа сообщит в диалоговом окне. После нажатия кнопки **OK** процесс будет продолжен.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п.**Настройка датчиков**).



## Проведение испытания

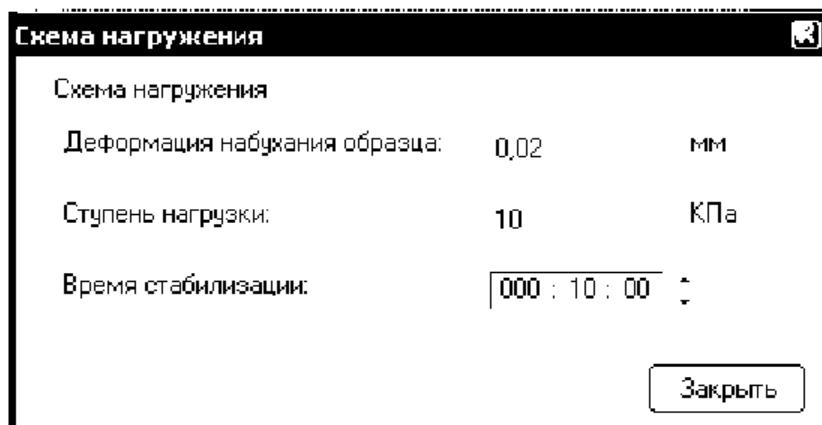
Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: максимально допустимое значение деформации набухания, величину ступени нагрузки и время стабилизации.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

В поле **Деформация набухания** образца установите значение максимально допустимой деформации набухания. В случае фиксации деформации набухания больше введенного значения к образцу грунта будет приложена ступень нагрузки.

В поле **Ступень нагрузки** установите величину ступени нагрузки, которая будет прикладываться к образцу в случае его предельно допустимого набухания.

Испытание будет считаться законченным, если за введенное **Время стабилизации** не было приложено ни одной ступени нагружения.



## Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

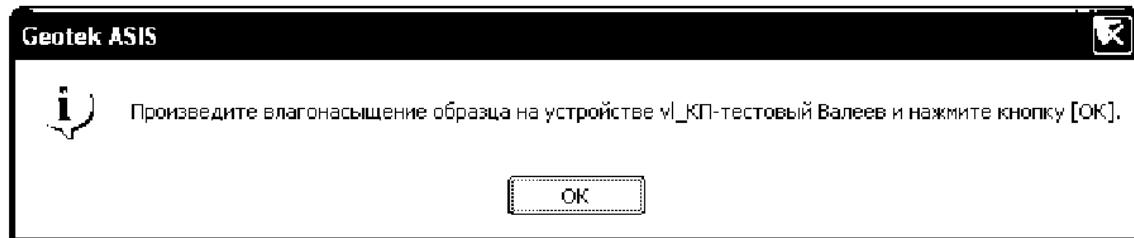
## **1.4 Косвенный метод определения давления набухания (метод арретирного хода)**

### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом. Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта к испытанию**.

Перед началом испытания образец необходимо влагонасытить, о чем программа сообщит в диалоговом окне. После нажатия кнопки **OK** процесс будет продолжен.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настройка датчиков**).



### Проведение испытания

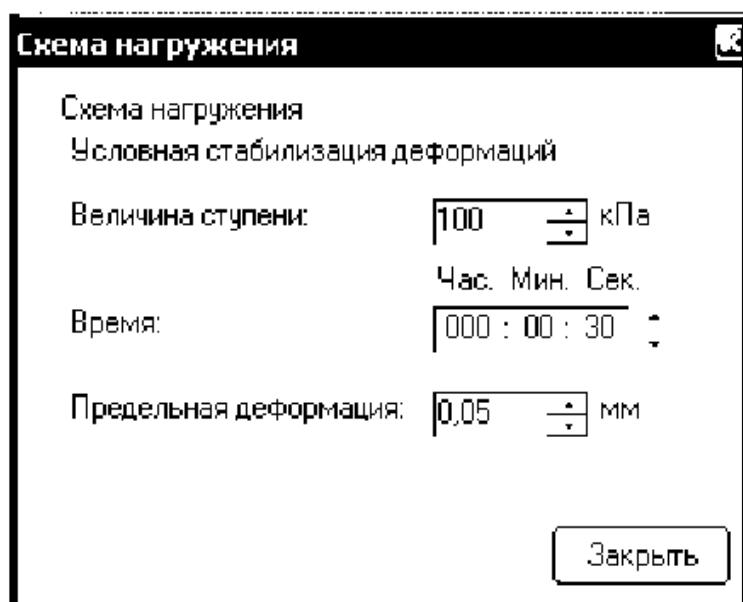
Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: величину ступени нагружения, время и величину предельной деформации условной стабилизации.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

В диалоговом окне в поле **Величина ступени** необходимо ввести значение приращения нагрузки. Количество ступеней будет зависеть от параметров силового устройства.

В поле **Время** задается временной отрезок, выдерживаемый после приложения очередной ступени нагружения.

Испытание будет считаться законченным, если грунт деформировался на заданную величину **Предельной деформации**.



### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

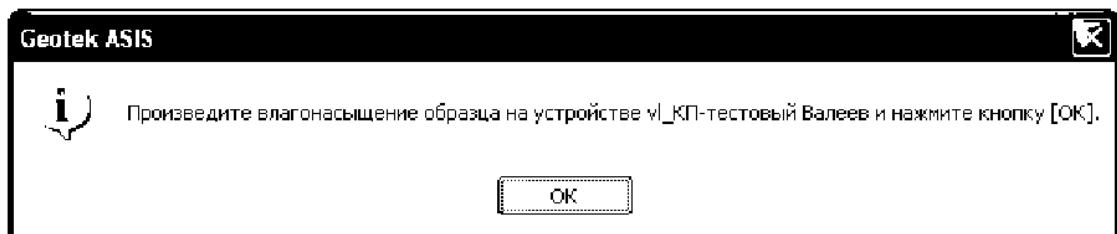
## 1.5 Метод свободного набухания

### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом. Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта к испытанию**.

Перед началом испытания образец необходимо влагонасытить, о чём программа сообщит в диалоговом окне. После нажатия кнопки **OK** процесс будет продолжен.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настройка датчиков** ).

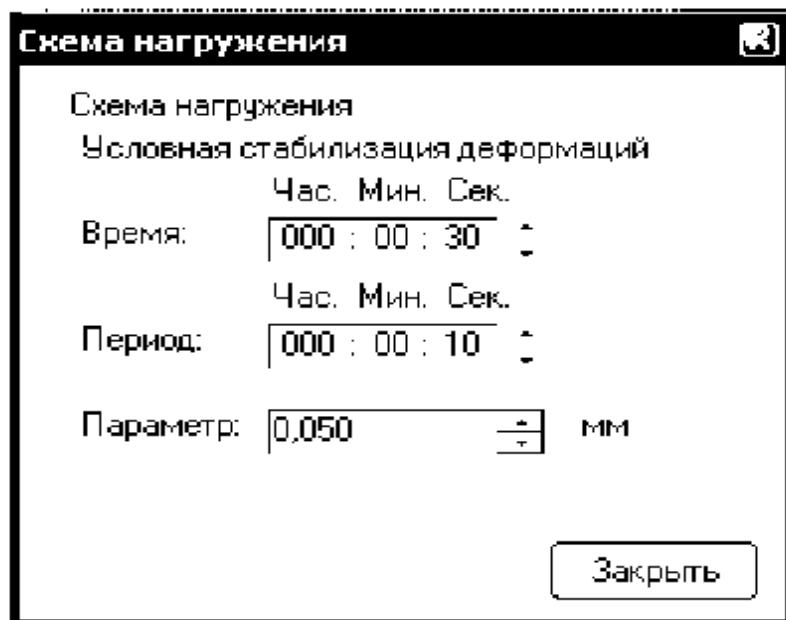


### Проведение испытания

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя параметры условной стабилизации деформаций: величину, время и период.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

Условная стабилизация ожидается после влагонасыщения образца. Снятие показаний с датчиков давления и перемещений производится в первый раз – сразу после влагонасыщения, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин; затем с интервалом 1 час до истечения времени стабилизации; затем каждый раз по прошествии очередного периода стабилизации; в конце при достижении условной стабилизации деформаций.



### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

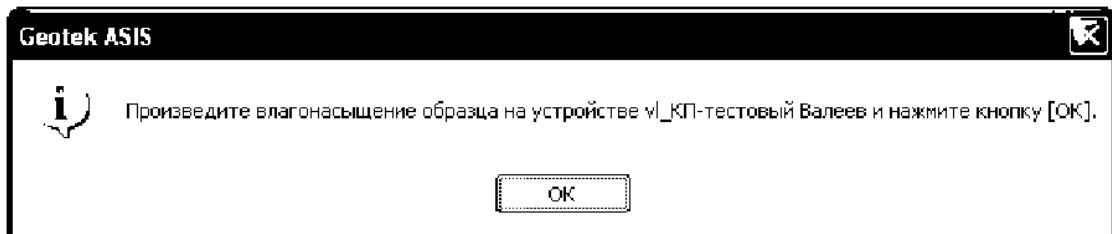
## 1.6 Прямой метод определения давления свободного набухания

### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным глинистым грунтом. Испытываемый образец готовиться в соответствии с п. **Подготовка образца грунта и испытанию**.

Перед началом испытания образец необходимо влагонасытить, о чем программа сообщит в диалоговом окне. После нажатия кнопки **OK** процесс будет продолжен.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настойка датчиков**).

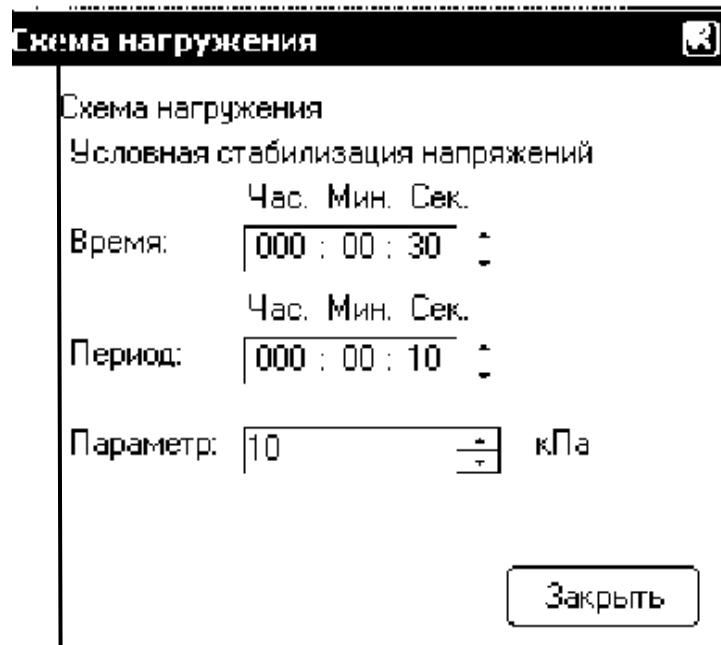


### Проведение испытания

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя параметры условной стабилизации напряжений: величину давления, время и период.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

Условная стабилизация напряжений ожидается после влагонасыщения образца. Снятие показаний с датчиков давления и перемещений производится в первый раз – сразу после влагонасыщения, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин; затем с интервалом 1 час до истечения времени стабилизации; затем каждый раз по прошествии очередного периода стабилизации; в конце при достижении условной стабилизации напряжений.



### **Оформление результатов испытаний**

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

#### **Вопросы к самоконтролю:**

- 1. Что понимается под сжимаемостью грунтов?**
- 2. Какие основные методы используются для оценки сжимаемости грунтов в лаборатории?**
- 3. Опишите устройство компрессионного прибора («компрессометра»).**
- 4. Какие виды испытаний применяются для изучения сжимаемости?**
- 5. Обозначьте ключевые показатели, определяемые в результате компрессионных испытаний.**
- 6. Как оценивается стабильность грунта при определении его сжимаемости?**
- 7. Какие рекомендации даются инженерам-проектировщикам на основании компрессионных испытаний?**
- 8. Объясните связь между модулем деформации и степенью сжимаемости грунта.**

## 2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТОВ СДВИГУ»

Цель работы – ознакомление с методом одноплоскостного среза.

Задачи работы:

1. Проведение испытания на прямой срез по различным схемам
2. Определение прочностных характеристик грунта

### 2.1 Неконсолидированно-недренированное испытание на прямой срез

#### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Кольцо сдвиговой каретки ставится острым краем на образец грунта и легким нажимом постепенно врезается в грунт. Лишний грунт вокруг кольца удаляется ножом. Верхний и нижний торцы образца очень тщательно выравниваются ножом вровень с краями кольца. На торцы образца укладываются кружки фильтрованной бумаги, смоченные водой. Затем кольцо с грунтом помещается в одометр.

Перед началом испытания необходимо выставить датчики вертикальных и горизонтальных деформаций, а также сбросить вертикальное и горизонтальное давление (см. п. **Настойка датчиков**).

#### Проведение испытания

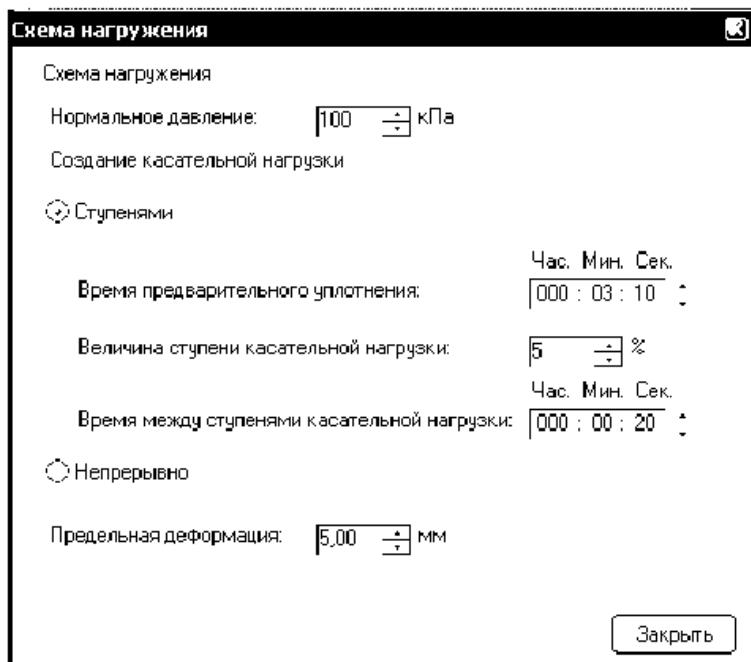
Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: величину нормального давления, время предварительного уплотнения, величину ступени касательной нагрузки, время между ступенями касательной нагрузки, величину предельной деформации.

Работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Запустите программу Geotek ASIS.
2. Выберите в главном окне на панели **Комплект** устройство, на котором необходимо провести испытание (СП).
3. В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Неконсолидированно-недренированный срез).
4. Запустите начало испытания кнопкой на панели инструментов **Испытание** или клавишей F5.
5. В появившемся окне введите информацию об образце грунта (строительную площадку, скважину, инженерно-геологический элемент, грунт и лабораторный номер образца).
6. В окне **Схема нагружения** задайте параметры схемы нагружения. В поле **Нормальное давление** задайте значение вертикального давления. Испытание на сдвиг начнется по истечении временного отрезка, задаваемого в поле **Время предварительного уплотнения**.

Сдвиговая нагрузка в процессе испытания прикладывается ступенями. Величина ступени касательной нагрузки задается в одноименном поле в процентах от нормальной нагрузки. Для проведения испытания необходимо также задать **Время между ступенями касательной нагрузки**. Ступени прикладываются до тех пор, пока деформация не достигнет своего предельного значения, задаваемого в поле **Предельная деформация**.

7. После завершения опыта его следует повторить как минимум с еще двумя образцами при других значениях нормального давления.



### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

## **2.2 Консолидированно-дренированное испытание на прямой срез**

### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Испытываемый образец готовится в соответствии с п. **Подготовка образца грунта и испытанию**. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Перед началом испытания необходимо выставить датчики вертикальных и горизонтальных деформаций, а также сбросить вертикальное и горизонтальное давление (см. п. **Настойка датчиков**).

### Проведение испытания

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: величину нормального давления, время предварительного уплотнения, величину ступени касательной нагрузки, параметры условной стабилизации деформации сдвига (значение, время и период), а также величину предельной деформации.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №1.1.

В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Консолидированно-дренированный срез).

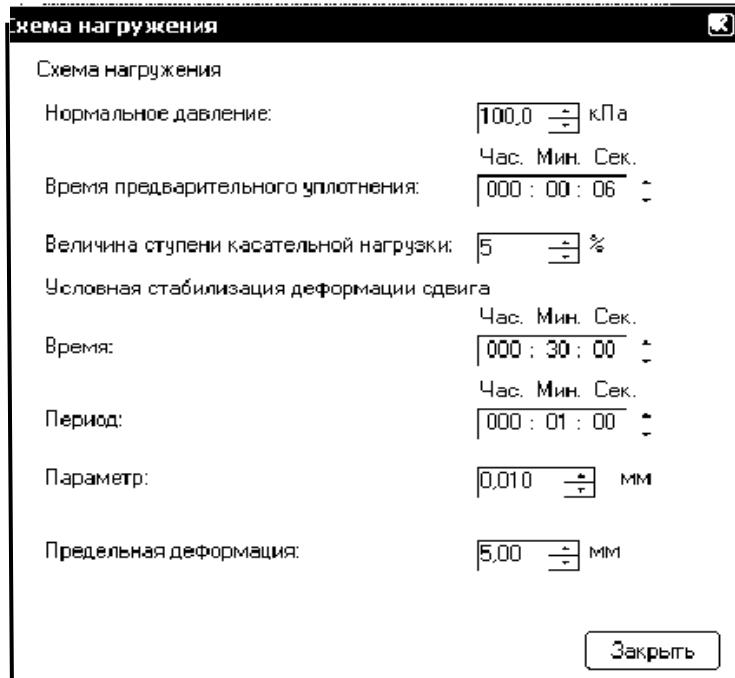
В поле **Нормальное давление** задайте значение вертикального давления. Испытание на сдвиг начнется по истечении временного отрезка, задаваемого в поле **Время предварительного уплотнения**.

Сдвиговая нагрузка в процессе испытания прикладывается ступенями. Величина ступени касательной нагрузки задается в одноименном поле в процентах от нормальной нагрузки.

Каждый раз после приложения ступени касательной нагрузки ожидается стабилизация деформации сдвига. Следующая ступень прикладывается после достижения значения условной стабилизации значения, задаваемого в поле **Параметр**.

Ступени прикладываются до тех пор, пока деформация не достигнет своего предельного значения, задаваемого в поле **Предельная деформация**.

После завершения опыта его следует повторить как минимум с еще двумя образцами при других значениях нормального давления.



### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

#### **Вопросы к самоконтролю:**

1. Что такое неконсолидированно-недренированное испытание?
2. Каковы особенности подготовки образца грунта перед проведением испытания методом прямого среза?
3. Напишите порядок проведения эксперимента при неконсолидированно-недренированном методе испытаний?
4. Для чего проводится измерение угла внутреннего трения  $\varphi$  и коэффициента сцепления  $c$  в данном методе испытаний?
5. Объясните понятие "эффективное напряжение сдвига" в рамках данного вида испытаний?
6. Чем отличается консолидированно-дренированный режим испытаний от неконсолидированного?
7. Назовите последовательность этапов подготовительных работ перед проведением опытов на образец грунта методом прямого среза при дренировании?

### **3.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОДНООСНОЕ СЖАТИЕ»**

Цель работы – ознакомление с методом испытания грунтов на одноосное сжатие  
Задачи работы:

1. Проведение испытания на одноосное сжатие
2. Определение характеристик сжимаемости

#### **Подготовка к испытанию**

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Перед началом испытания необходимо выставить датчик вертикальных деформаций (см. п. **Настойка датчиков**).

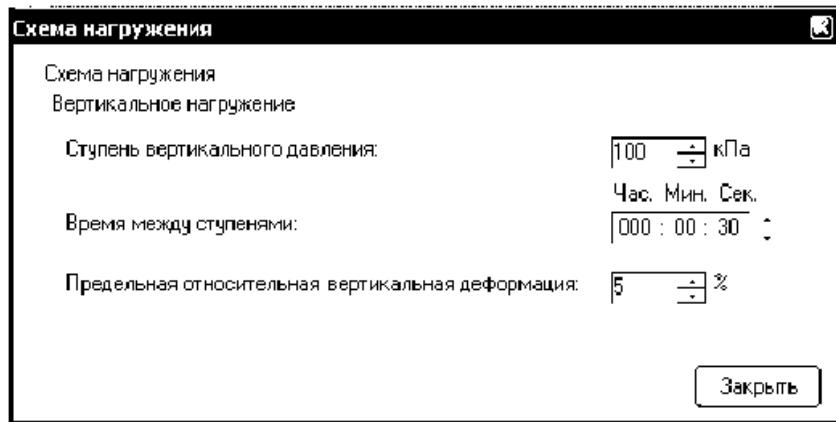
#### **Проведение испытания**

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: величину ступени вертикального давления, время между ступенями и значение предельной относительной вертикальной деформации.

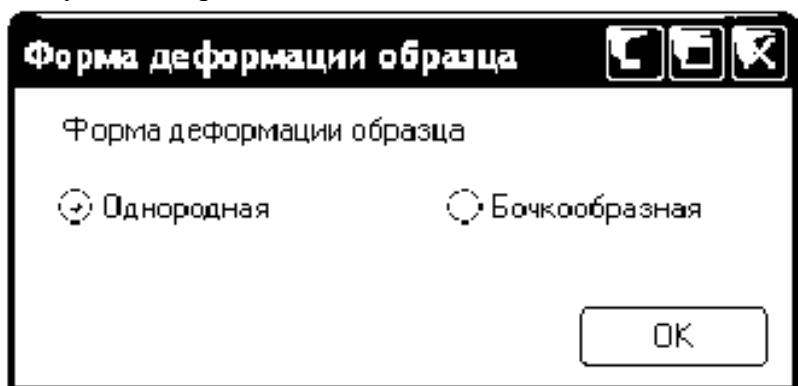
Работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Запустите программу Geotek ASIS.
2. Выберите в главном окне на панели **Комплект** устройство, на котором необходимо провести испытание (СТБ).
3. В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Одноосное сжатие).
4. Запустите начало испытания кнопкой на панели инструментов **Испытание** или клавишей F5.
5. В появившемся окне введите информацию об образце грунта (строительную площадку, скважину, инженерно-геологический элемент, грунт и лабораторный номер образца).
6. В окне **Схема нагружения** задайте параметры схемы нагружения. В поле **Ступень нормального давления** задайте значение приращения вертикального давления. Необходимо также задать **Время между ступенями**.

Ступени прикладывают до тех пор, пока деформация не достигнет своего предельного значения, задаваемого в поле **Предельная относительная вертикальная деформация**.



После завершения испытания необходимо выбрать форму деформации образца. Это необходимо для последующей обработки данных испытания.



#### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

#### **Вопросы к самоконтролю:**

- 1.Что такое одноосное сжатие и в чём заключается суть данного метода испытаний?**
- 2. Какие характеристики грунтов определяются при одноосном сжатии?**
- 3. Почему важна точность измерения геометрических размеров образца?**
- 4. Опишите процедуру установки образца в прибор?**
- 5. Назовите возможные причины расхождения результатов при повторных испытаниях?**
- 6. Как рассчитывается предел прочности грунта на одноосное сжатие?**
- 7. От чего зависит величина деформаций при испытании грунтов на одноосное сжатие?**

### **3.ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА «ТРЕХОСНОЕ СЖАТИЕ»**

Цель работы – ознакомление с методом испытания грунтов на трехосное сжатие  
Задачи работы:

1. Проведение испытания на трехосное сжатие в стабилометре
2. Определение характеристик прочности и деформируемости

#### **4.1 Неконсолидированно-недренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре**

##### **Подготовка к испытанию**

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Перед началом испытания необходимо выставить датчики деформаций и сбросить вертикальное и боковое давление (см. п. **Настойка датчиков**).

##### **Проведение испытания**

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: количество ступеней приложения и величину боковой нагрузки, время предварительного уплотнения, величину ступени вертикальной нагрузки, время между ступенями вертикального давления, величину относительной предельной вертикальной деформации. При необходимости задаются параметры нагрузки-разгрузки.

Работу необходимо выполнять в следующей последовательности:

1. Запустите программу Geotek ASIS.
2. Выберите в главном окне на панели **Комплект** устройство, на котором необходимо провести испытание (СТБ).
3. В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Неконсолидированно-недренированное трехосное сжатие).
4. Запустите начало испытания кнопкой на панели инструментов **Испытание** или клавишей F5.

5. В появившемся окне введите информацию об образце грунта (строительную площадку, скважину, инженерно-геологический элемент, грунт и лабораторный номер образца).

6. В окне **Схема нагружения** задайте параметры схемы нагружения.

Испытание начинается с бокового обжатия образца, прикладываемого ступенями. При этом кран дренирования должен быть закрыт, а система заполнена водой. На каждой ступени необходимо задать величину нагрузки в столбце **Величина нагрузки**. На любой ступени можно задать циклическую нагрузку-разгрузку образца, указав в столбце **№ступени разгрузки** номер ступени, до которой необходимо разгрузить образец. В столбце **Количество циклов** задается количество циклов нагрузки-разгрузки, т.е. число повторений операций. Если нагрузку-разгрузку проводить не требуется, то в столбцах **№ступени разгрузки** и **Количество циклов** должны быть нулевые значения.

На каждой ступени боковой нагрузки происходит ожидание предварительного уплотнения образца в течение времени, задаваемого в графике **Время предварительного уплотнения**.

После бокового обжатия происходит сначала установка противодавления, а затем вертикальное нагружение. Установка противодавления происходит автоматически без участия пользователя.

**Ступень вертикального давления.** Вертикальное нагружение производится ступенями. Величина ступени устанавливается в долях от величины последней приложенной боковой нагрузки.

**Циклы нагрузки-разгрузки.** При вертикальном нагружении можно выполнить циклы нагрузки-разгрузки образца. Одна строка таблицы соответствует одной группе циклов. Группа циклов задается тремя значениями:

**Относительная вертикальная деформация** – деформация, при достижении которой начинается разгрузка образца.

**Величина разгрузки** – задается в долях от текущей вертикальной нагрузки.

**Количество циклов** – количество повторений операций нагрузка-разгрузка.

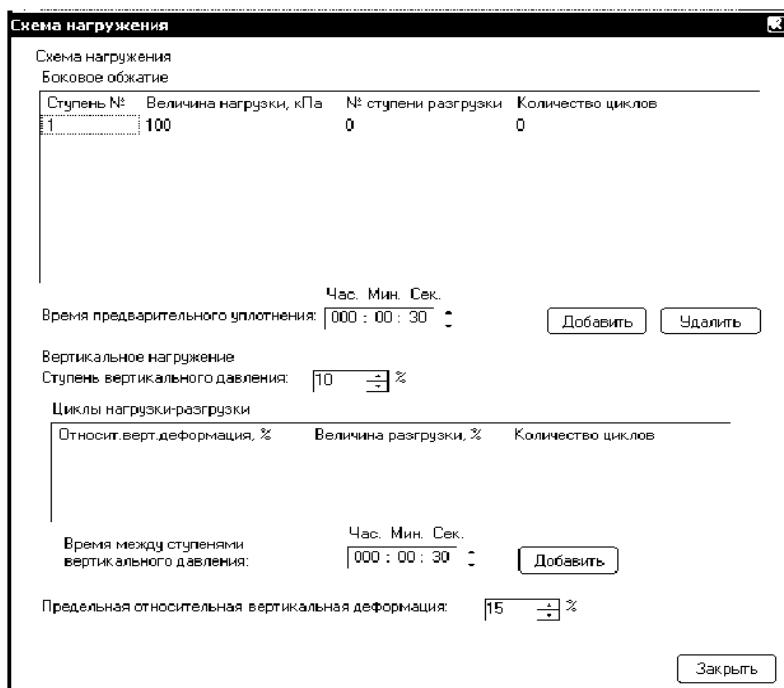
Например, заданные параметры: относительная вертикальная деформация 30; величина разгрузки 40; количество циклов 3 означают, что в процессе вертикального нагружения на очередной ступени, когда относительная деформация достигнет 30%, начнутся циклы нагрузки-разгрузки образца. Пусть при этом текущее вертикальное давление достигнет 100кПа. Тогда в процессе разгрузки вертикальное давление будет уменьшено на 40%, т.е. до 6кПа. Затем давление будет увеличено до прежнего значения 100кПа. И так 3 раза. Т.е. давление будет изменяться следующим образом: 100; 6; 100; 6; 100; 6; 100.

Интервал времени между нагрузкой и разгрузкой равен нулю, т.е. сразу после нагрузки происходит разгрузка, сразу после разгрузки – нагрузка и т.д.

Количество групп циклов неограниченно.

**Время между ступенями вертикального давления.** Это интервал времени после окончания создания одной ступени вертикального давления и до начала создания другой.

**Предельная относительная вертикальная деформация** – относительная вертикальная деформация образца, при достижении которой опыт считается завершенным.



## **Оформление результатов испытаний**

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

## **4.2 Консолидированно-недренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре**

### **Подготовка к испытанию**

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Перед началом испытания необходимо выставить датчики деформаций и сбросить вертикальное и боковое давление (см. п. **Настойка датчиков**).

### **Проведение испытания**

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: количество ступеней приложения и величину боковой нагрузки, время предварительного уплотнения, время, период и параметр условной стабилизации относительной объемной деформации, величину ступени вертикальной нагрузки, время между ступенями вертикального давления, величину относительной предельной вертикальной деформации. При необходимости задаются параметры нагрузки-разгрузки.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №4.1.

В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Консолидированно-недренированное трехосное сжатие).

Задайте параметры схемы нагружения в одноименном окне.

Испытание начинается с бокового обжатия образца, прикладываемого ступенями. При этом кран дренирования должен быть открыт.

Параметры боковой нагрузки задаются также, как и в лабораторной работе №4.1.

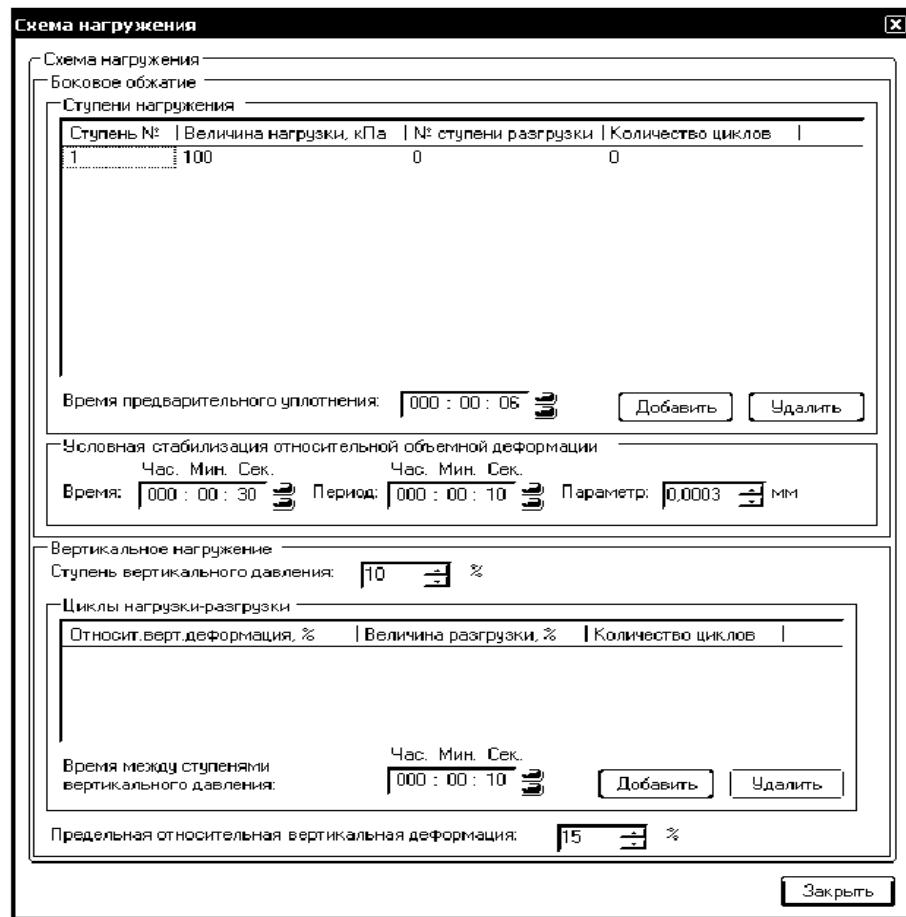
Задайте параметры **Условной стабилизации относительной объемной деформации**.

После завершения бокового обжатия кран дренирования необходимо закрыть. Пока кран дренирования открыт, переходить к вертикальному нагружению нельзя. Программа выдаст соответствующее напоминание.

Параметры вертикальной нагрузки задаются также, как и в лабораторной работе №4.1.

**Время между ступенями вертикального давления.** Это интервал времени после окончания создания одной ступени вертикального давления и до начала создания другой.

**Предельная относительная вертикальная деформация** – относительная вертикальная деформация образца, при достижении которой опыт считается завершенным.



### Оформление результатов испытаний

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

### **4.3 Консолидированно-дренированное испытание на трехосное сжатие на стабилометре**

#### Подготовка к испытанию

Работа проводится с заранее подготовленным песчаным или глинистым грунтом нарушенной или ненарушенной структуры. Предварительно определяются влажность и плотность исследуемого образца.

Перед началом испытания необходимо выставить датчики деформаций и сбросить вертикальное и боковое давление (см. п. **Настойка датчиков**).

#### Проведение испытания

Перед началом работы необходимо получить у преподавателя следующие исходные данные: количество ступеней приложения и величину боковой нагрузки, время предварительного уплотнения, время, период и параметр условной стабилизации относительной объемной деформации, величину ступени вертикальной нагрузки, время между ступенями вертикального давления, время, период и параметр условной

стабилизации относительной вертикальной деформации, величину предельной относительной вертикальной деформации. При необходимости задаются параметры нагрузки-разгрузки.

Работа выполняется в той же последовательности, что и лабораторная работа №4.1.

В панели инструментов **Тип испытания** в раскрывающемся списке выберите тип испытания (Консолидированно-дренированное трехосное сжатие).

Задайте параметры схемы нагружения в одноименном окне.

Испытание начинается с бокового обжатия образца, прикладываемого ступенями. При этом кран дренирования должен быть открыт.

Параметры боковой нагрузки задаются также, как и в лабораторной работе №4.1.

Задайте параметры **Условной стабилизации относительной объемной деформации**.

Параметры вертикальной нагрузки задаются также, как и в лабораторной работе №4.1.

Задайте параметры **Условной стабилизации относительных вертикальных деформаций**.

**Предельная относительная вертикальная деформация** – относительная вертикальная деформация образца, при достижении которой опыт считается завершенным.

### **Оформление результатов испытаний**

После завершения испытания выполните обработку результатов испытаний с помощью программы GEOTEK ASISReport.

Распечатанный отчет об испытании сдается преподавателю.

#### **Вопросы к самоконтролю:**

- 1. Что означает термин «трёхосное сжатие» и почему оно называется именно так?**
- 2. Какие свойства грунтов изучаются в ходе испытаний на трёхосное сжатие?**
- 3. Расскажите о принципе устройства триаксиального аппарата, применяемого для проведения испытаний**
- 4. Почему важным является этап отбора образцов и их тщательной подготовки перед испытаниями?**
- 5. Как обеспечивается контроль над давлением и скоростью нагружения при испытании грунтов на трёхосное сжатие?**
- 6. При какой величине угла внутреннего трения считается, что грунт склонен к потере устойчивости?**
- 7. Опишите последовательность действий при построении кругов Мора при обработке результатов испытаний.**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12248.1-2020 - Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза.
2. ГОСТ 12248.2-2020 - Грунты. Определение характеристик прочности методом одноосного сжатия.
3. ГОСТ 12248.3-2020 - Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия.
4. ГОСТ 12248.4-2020 - Грунты. Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия.
5. ГОСТ 25100-2020 - Грунты. Классификация
6. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах). Учебное пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. - 328 с.

***Учебное издание***

**Латыпов Айрат Исламгалиевич**  
**Нуриев Ильдар Саяхович**  
**Усманов Рустем Маратович**  
**Гараева Анастасия Николаевна**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АСИС**

учебно-методическое пособие