

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ГЕОТЕХНИКА И ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

Согласовано:

Гл. специалист предприятия

подпись, инициалы, фамилия

“.....”20 г.

Утверждаю:

Зав. кафедрой

подпись, инициалы, фамилия

“.....”20 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРАНТА
НА ТЕМУ:

Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига

Автор ВКР *Гулько Анастасия Васильевна*

Обозначение *ВКР-2069059-08.04.01-151108-17* **Группа** *Ст-23М*

Направление *08.04.01 Строительство*

Направленность *«Геотехника»*

Руководитель ВКР *д.т.н., проф. Г.Г. Болдырев*

Консультанты по разделам:

Исследование физико-механических св-в грунтов *к.т.н., доц. А.Ф. Чичкин.*

Проведение лабораторных испытаний грунтов *к.т.н., доц. А.Ф. Чичкин*

Применение ИВК *к.т.н., доц. А.А. Кузнецов.*

Научная-исследовательский раздел *к.т.н., проф. Глухов В.С.*

Нормоконтроль (*руководитель*) *к.т.н., проф. Глухов В.С.*

ПЕНЗА 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Инженерно-строительный институт
Кафедра «Геотехника и дорожное строительство»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____ В.С. Глухов

«_____» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ

для выпускной квалификационной работы магистранта

Студент _____ Гулько Анастасия Васильевна _____ гр. _____ Ст-23м _____

1. Тема Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига
(утверждена приказом по Пензенскому ГУАС № 06-09-332 от «1»122016г.

2. Срок представления проекта (работы) к защите 27июня 2017 г.

3. Исходные данные к работе

3.1. ИВК АСИС 3.3

3.2 Образцы грунта из шурфа, располагающегося на строительной площадке по адресу: г. Пенза, ул.Центральная,1

3.3. Устройства для лабораторных испытаний грунта компании НПП «Геотек»

4. Состав ВКР

4.1. Содержание расчетно-пояснительной записки:

1. Информационно-измерительные системы для испытаний грунтов в лабораторных условия

2. Постановка задачи и цели исследования

3. Область исследования

4. Проведение трехосного испытания по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига
5. Результаты проведенных испытаний

4.2. Перечень графического материала

5. Требования к выполнению ВКР

Литература по разделам указывается консультантами и руководителем проекта.

Сроки дипломного проектирования устанавливаются с _____ по _____ 20____ г.

Объем проекта: чертежей 7-10 листов, пояснительной записки 80-110 страниц.

Законченный дипломный проект с пояснительной запиской, подписанной консультантами и руководителем, представляется на кафедру для окончательного решения и допуска студента к защите и направлению проекта на рецензию.

6. Консультанты по разделам:

исследование физико-механических свойств грунтов _____ А.Ф.Чичкин
(подпись) (инициалы, фамилия)

проведение лабораторных испытаний грунтов _____ А.Ф.Чичкин
(подпись) (инициалы, фамилия)

применение ИВК _____ А.А.Кузнецов
(подпись) (инициалы, фамилия)

научно-исследовательский раздел _____ В.С.Глухов
(подпись) (инициалы, фамилия)

нормоконтроль _____ В.С.Глухов
(подпись) (инициалы, фамилия)

8. Задание выдал _____
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись студента, дата) (инициалы, фамилия)

Содержание

Введение.....	6
1. Информационно-измерительные системы для испытаний грунтов в лабораторных условиях.....	8
1.1. Развитие информационно-вычислительных комплексов	8
1.2. Выставление высоты балки в нагрузочной раме.....	10
1.3. Устройство одноплоскостного среза.....	13
1.3.1. Сборка устройства одноплоскостного среза.....	13
1.3.2. Подготовка образца грунта в приборе для смораживания.....	19
1.3.3. Проведение испытания методом одноплоскостного среза в программе АСИС 3.3.....	21
1.4. Устройство трехосного сжатия.....	24
1.4.1. Подготовка дегазатора.....	24
1.4.2. Сборка устройства трехосного сжатия.....	27
1.4.3. Проведение испытания методом трехосного сжатия в программе АСИС 3.3.....	38
1.4.4. Обработка результатов испытаний.....	46
1.5. Программные продукты для обработки результатов испытаний.....	49
1.5.1. Программный продукт для одноплоскостного среза.....	49
1.5.2. Программный продукт для трехосного сжатия.....	51
1.5.3. Сравнение программных продуктов.....	53
2. Постановка задачи и цели исследования.....	54
3. Область исследования.....	55
3.1. Сопротивление грунта сдвигу.....	55
3.1.1. Сопротивление сдвигу несвязных грунтов.....	55
3.1.2. Сопротивление сдвигу связных грунтов.....	56
3.2. Изучение полного и эффективного напряжений.....	57
3.3. Трехосное сжатие неконсолидированно-недренированного грунта.....	58
3.4. Влияние изменения содержания воды на сопротивление.....	59

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Проведение трехосного испытания по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига.....	63
4.1. Общие сведения.....	63
4.2. Отбор проб.....	64
4.3. Проведение испытания.....	65
4.4. Анализ результатов испытания.....	66
5. Результаты проведенных испытаний.....	69
5.1. Общая характеристика.....	69
5.2. Результаты трехосных испытаний.....	70
5.3. Оценка влияния степени водонасыщения на сопротивление сдвигу.....	73
Заключение.....	76
Список использованных источников.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	94

Введение

Сопротивление грунта сдвигу - важный параметр, используемый для проектирования любой геотехнической конструкции.

Сопротивление сдвигу основное условие прочности – устойчивости грунтовых оснований. Как показывают многочисленные опыты, сопротивление сдвигу связных грунтов имеет более сложную природу, чем для несвязных, это обусловлено как вязким сопротивлением скольжению между частицами, величина которого зависит от скорости нарастания сдвигающих усилий, так и силами сцепления между частицами. В реальных грунтовых условиях процесс формирования сопротивления сдвигу является сложным, и выделить отдельные факторы в количественном выражении чаще всего не представляется возможным.

Показатели сопротивления грунтов сдвигу:

- угол внутреннего трения (j) – показатель сил трения
- удельное сцепление (c) – показатель сил сцепления между минеральными частицами грунта.

Лабораторные опыты показывают, что силы сопротивления сдвигу по одной и той же поверхности тем больше, чем больше давление к этой поверхности.

Знаменитым физиком Кулоном на основании результатов экспериментальных исследований была получена зависимость изменения предельного сопротивления грунтов сдвигу (t) от величин нормальных давлений (P).

$$t = C + P \cdot \operatorname{tg} j$$

Приведенное уравнение является математическим выражением закона Кулона для связных грунтов: предельное сопротивление грунтов сдвигу есть функция первой степени от нормального давления.

Сопротивление глинистых грунтов сдвигу в значительной степени зависит от плотности их сложения (e) и непосредственно связанной с ней влажности (W) резко уменьшаясь с увеличением последней. Особенно

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

существенно увеличение влажности сказывается на увеличении сил сцепления, угол внутреннего трения уменьшается в меньшей степени. С увеличением содержания глинистых частиц в грунте отмечается уменьшение угла внутреннего трения и увеличение сил сцепления.

Из сказанного выше следует, что сопротивление одного и того же грунта сдвигу не постоянно и зависит от показателей его физического состояния, степени ненарушенности естественной структуры, а также от условий производства испытаний (размеры образца, скорость сдвига, характер предварительной подготовки образцов и др.).

Правильное определение показателей грунта сдвигу имеет непосредственное значение для практики инженерных расчётов устойчивости оснований (несущей способности), устойчивости массивов грунта, давления грунтов на ограждение и др. Для получения более достоверных данных испытания на сдвиг должны всегда проводиться в условиях, максимально приближенных к условиям работы грунта под сооружением или в самом сооружении.

Таким образом, для определения несущей способности фундаментов мелкого заложения, устойчивости склонов и многих других геотехнических конструкций, важно понять влияние степени водонасыщения на сопротивление сдвигу грунтов.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Информационно-измерительные комплексы для испытаний грунтов в лабораторных условиях

1.1. Развитие информационно-вычислительных комплексов

Примерно до середины 70-х гг. прошлого столетия для испытания образцов грунта в лабораторных условиях применялись различные механические устройства, которые до сих пор называются приборами для испытания грунтов. Нагружение образцов грунта в приборах выполнялось вручную с помощью веса грузов, давления воздуха или жидкости.

Развитие электроники и средств вычислительной техники позволило включить устройства для испытания грунтов в состав измерительно-вычислительных комплексов (ИВК). В отличие от обычных устройств, в которых функцию нагружения образцов грунта и измерение усилий, давления или деформаций в различных механических устройствах (компрессионный прибор, прибор одноплоскостного среза, прибор трехосного сжатия и т.д.) выполняет сам испытатель, в ИВК эти функции реализуются под управлением микроконтроллера или компьютера без участия испытателя.

Согласно ГОСТ 26.203-81. «Комплексы измерительно-вычислительные. Признаки классификации. Общие требования (с Изменениями N 1, 2)», ИВК должны выполнять одну или несколько следующих функций: прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения электрических величин; управление процессом измерений и воздействие на объект измерений; представление результатов измерений испытателю в заданном виде.

Для выполнения этих функций ИВК должны обеспечивать: восприятие, преобразование и обработку электрических сигналов с датчиков давления, силы, перемещения и др.; управление средствами измерений и другими техническими компонентами, входящими в состав ИВК; выработку нормированных электрических сигналов для управления устройствами силового нагружения (шаговый двигатель, пневмоклапаны); оценку точности

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

измерений и представление результатов измерений в формах, установленных соответствующими ГОСТ (например, ГОСТ 12248-2010) или стандартами (например, ASTM D4186-89).

Первые автоматизированные системы для испытания образцов грунтов в лабораторных условиях появились за рубежом (Atkinsonetal., 1985; DeGrootetal., 1991; Sivakuganetal., 1991; SheahanandGermanie, 1992; Sheahanetal., 1993). Инструментами измерения их являются устройства для испытания образцов грунтов: одометры, приборы одноплоскостного среза и одноосного сжатия, стабилметры и др. Эти устройства включают датчики, аналоговые сигналы с которых усиливаются и преобразуются в цифровой код при помощи аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Используя градуировочные зависимости, микропроцессор или компьютер преобразовывает цифровые сигналы с датчиков в физические величины (сила, давление, перемещение). В соответствии с процедурой испытаний после анализа полученных значений измеренных величин на исполнительный механизм нагружения, двигатель или клапан подается обратный сигнал через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Подобная измерительная система реализована в России в 1991 году малым предприятием «Геотек».

В период 2000–2007 гг. в ООО «НПП «Геотек» был разработан новый измерительно-вычислительный комплекс, получивший название АСИС (автоматизированная система испытаний в строительстве). На рис.1.1 приведена структурная схема измерительно-вычислительного комплекса ИВК АСИС ([www. http://npp-geotek.ru](http://npp-geotek.ru)). Комплекса включает в себя компьютер, блок электронной преобразующей аппаратуры, стабилметр, компрессионный прибор, приборы одноплоскостного среза со статическим и кинематическим нагружением, компрессионный прибор с измерением боковых напряжений. Количество и сочетание входящих в ИВК АСИС приборов определяются заказчиком и могут быть произвольными. Стандартный комплект для геотехнических лабораторий состоит из 8-12

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

компрессионных приборов, трех приборов одноплоскостного среза со статическимнагружением, одного прибора с кинематическим нагружением и одного или двух стабилметров.

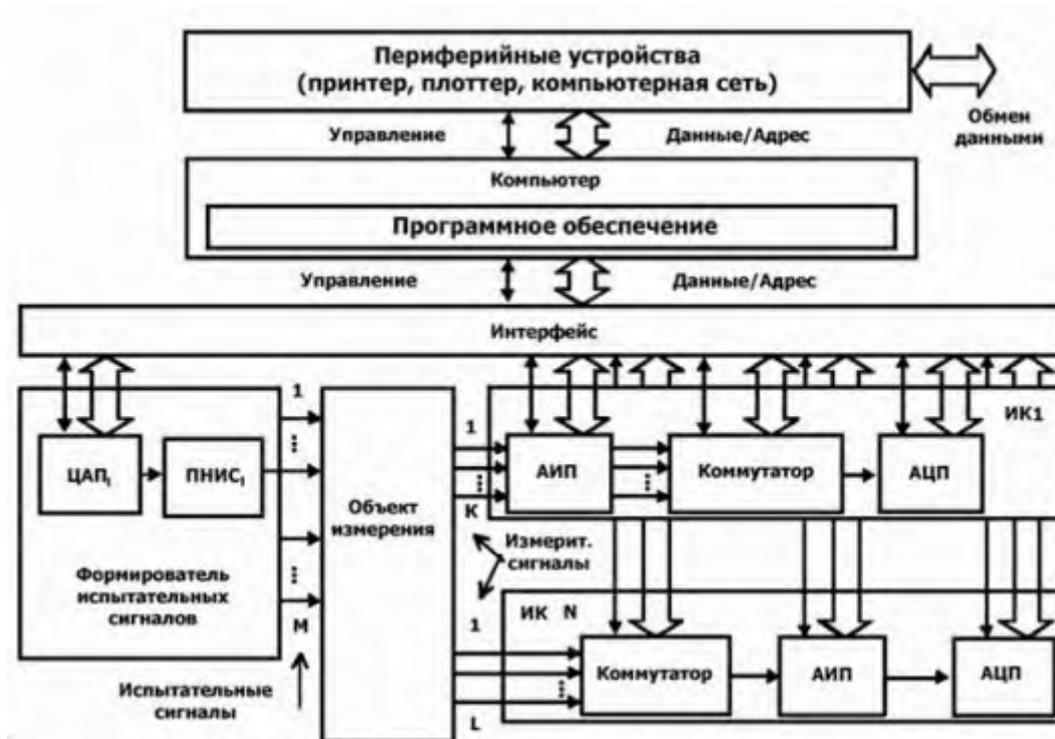


Рисунок 1.1 – Структурная схема измерительно-вычислительного комплекса

В рамках выпускной квалификационной работы (ВКР) были изучены приборы для лабораторных испытаний грунтов, такие как устройство одноплоскостного среза, устройство трехосного сжатия, а так же проведены лабораторные испытания на устройстве трехосного сжатия по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига глинистого грунта.

Рассмотрим подробнее автоматизированный испытательный комплекс АСИС на примере устройства одноплоскостного среза и устройства трехосного сжатия.

1.2. Выставление высоты балки в нагрузочной раме

Самым первым шагом в подготовке устройств к испытанию является выставление высоты балки на нагрузочной раме.

Иногда возникает необходимость изменить положение балки с закрепленной на ней датчиком силы на устройстве силового нагружения. Для выполнения данной операции понадобится шестигранник 4 мм и динамометрический ключ с битой-головкой на 10 мм (комплексы СИ АСИС комплектуются всем необходимым инструментом).

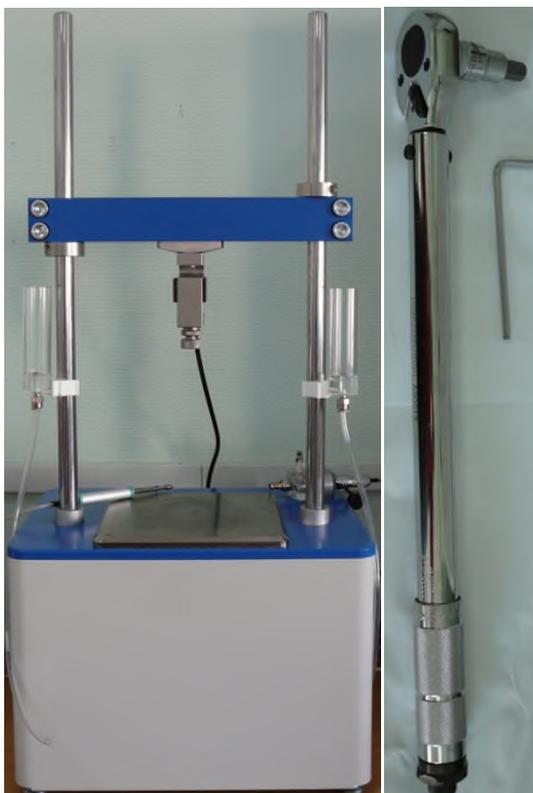


Рисунок 1.2 –Начальное положение балки

При помощи шестигранника ослабить винт крепления стопорного кольца (закреплен сверху балки) переместить вверх по стойке рамы на необходимую высоту и закрепить его винтом.

На динамометрическом ключе выставить усилие затяжки в соответствии с маркировкой на нагрузочной раме. Для устройства силового нагружения ГТ 2.0.5 – 56 Н*м.

Динамометрическим ключом ослабить крепление балки к стойкам – ослабить крепление четырех болтов.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1.3 – Ослабление крепления балки

Для перемещения балки вверх:

С обратной стороны балки при помощи шестигранника закрутить два распорных винта так чтобы балка свободно двигалась по стойкам. Переместить балку вверх на требуемую высоту и выкрутить сзади балки два распорных винта, так чтобы они перестали разжимать балку.

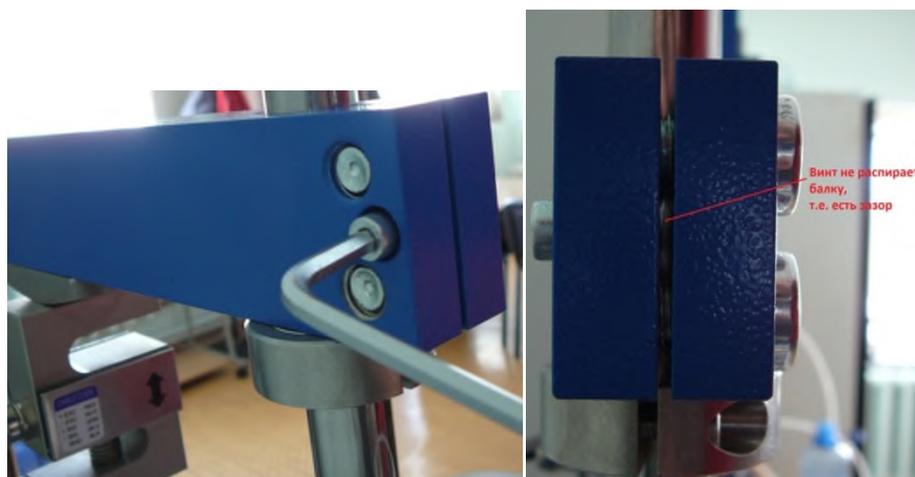


Рисунок 1.4 –Перемещение балки вверх

При помощи шестигранника ослабить винт крепления стопорного кольца. Поднять его вверх до касания с балкой и закрутить винт на стопорном кольце.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Для перемещения балки вниз:

При помощи шестигранника ослабить винт крепления стопорного кольца. Опустить его вниз по стойке на требуемую высоту и закрутить винт на стопорном кольце.

С обратной стороны балки при помощи шестигранника закрутить два распорных винта так чтобы балка свободно двигалась по стойкам. Переместить балку вниз на требуемую высоту и выкрутить сзади балки два распорных винта, так чтобы они перестали разжимать балку.

При помощи шестигранника ослабить винт крепления стопорного кольца. Поднять его вверх до касания с балкой и закрутить винт на стопорном кольце.

На балке динамометрическим ключом затянуть четыре винта с усилием 56 Н*м – для рамы ГТ 2.0.5.

При помощи шестигранника ослабить винт крепления верхнего стопорного кольца, опустить его вниз до касания с балкой и затянуть винт стопорного кольца.



Рисунок 1.5 – Перемещение балки вниз

1.3. Устройство одноплоскостного среза

1.3.1. Сборка устройства одноплоскостного среза

Сборка устройства одноплоскостного среза начинается с того, что нижнюю часть сдвиговой каретки устанавливается каменный фильтр.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 1.6 – Установка каменного фильтра

Установить в нижнюю часть сдвиговой каретки маленькое срезное кольцо. Кольцо устанавливается любой стороной, т.е. оно не имеет направляющих. Внутреннюю поверхность кольца смазать смазкой типа Литол-24 или техническим вазелином.

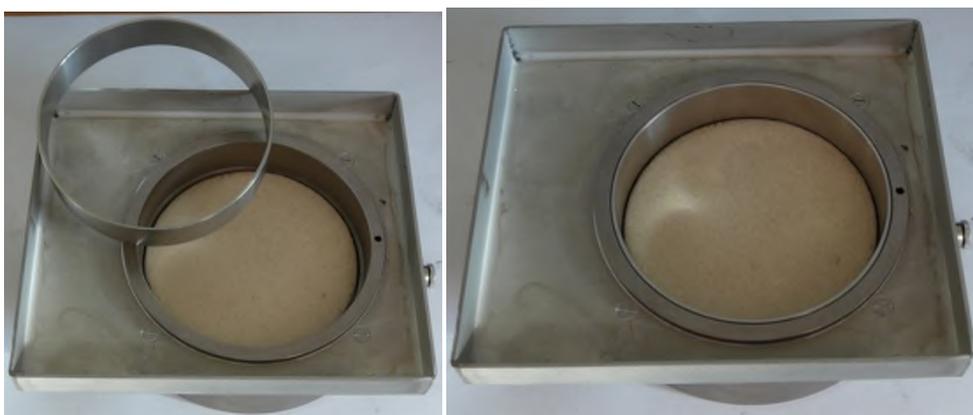


Рисунок 1.7 – Установка срезного кольца

Установить нижнюю часть каретки в срезной механизм, задвинув до упора, и зафиксировать ее, закрутив накладную гайку.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017

Лист

14

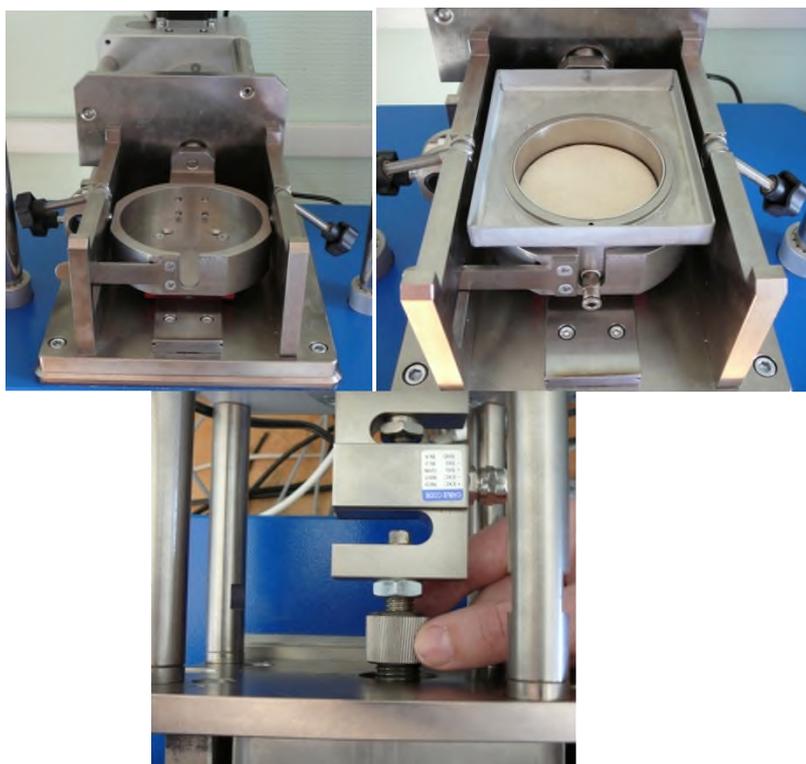


Рисунок 1.8 – Установка каретки в срезной механизм

В верхнюю плиту сдвиговой каретки по направляющей установить регулировочное кольцо.

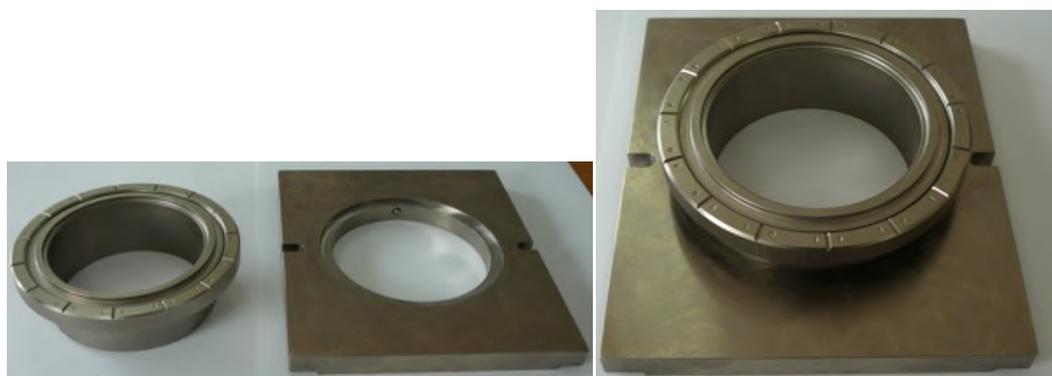


Рисунок 1.9 – Регулировочное кольцо в верхней плите

Плиту с регулировочным кольцом ровной поверхностью вперед установить на срезной механизм.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15



Рисунок 1.10 –Установка верхней плиты

Вращая регулировочное кольцо против часовой стрелки создать зазор 1 – 2 мм между плитой и регулировочным кольцом с метками. Вращая регулировочное кольцо по часовой стрелки довести его до касания с плитой каретки и совместить нулевую метку на регулировочном кольце с меткой на плите каретки. Далее вращая регулировочное кольцо по часовой стрелки совместить метку на плите с требуемым значением на регулировочном кольце – 0,5 мм для глинистых грунтов и 1 мм для песчаных грунтов (ГОСТ 12248-2010 п.п. 5.1.4.5).

Для связного образца грунта:

При помощи большого кольца предварительно подготовить образец связного грунта, вырезав его из монолита, и торцы образца покрыть фильтровальной бумагой. Установить кольцо с грунтом в срезной механизм.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

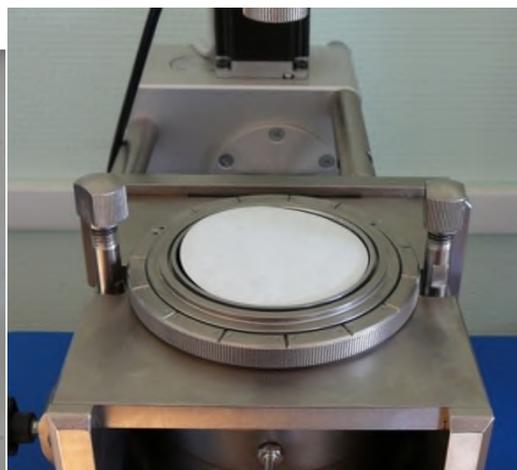


Рисунок 1.11 – Установка кольца с грунтом в срезной механизм

Сверху на образец установить каменный фильтр и металлический штамп. Надавить на металлический штамп и передавить образец грунта из большого кольца в малое. Как только образец грунта будет полностью передавлен металлический штамп встанет вровень с регулировочным кольцом.

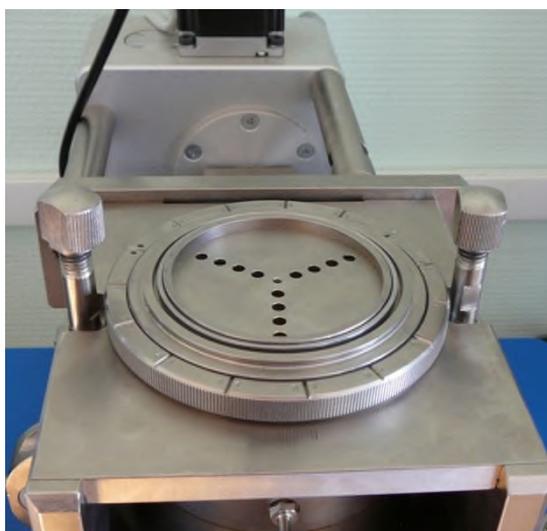


Рисунок 1.12 –Установка каменного фильтра

Установить верхний штамп в крышку срезной каретки.

На шток верхнего штампа надеть держатель датчика перемещений и зафиксировать его винтом. В держатель датчика перемещений установить датчик вертикальной деформации и закрепить его в держателе винтом. Если устройство среза собирается для проведения испытания без измерения

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

вертикальной деформации, то датчик вертикальной деформации можно не устанавливать.

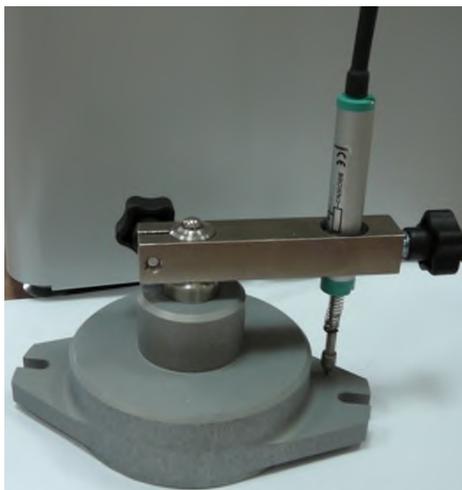


Рисунок 1.13 – Верхний штамп

Крышку в собранном состоянии со штампом, держателем и датчиком установить на каретку, в пазы на крышке вставить откидные винты и затянуть на них гайки.



Рисунок 1.14 – Установка штампа в устройство

Выкрутить винт датчика силы и довести его до касания с шариком на штоке верхнего штампа.

В держатель датчика деформации среза (расположен сбоку каретки) вставить датчик деформации и зафиксировать датчик в держателе винтом.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18



Рисунок 1.15 – Фиксация датчика

1.3.2. Подготовка образца грунта в приборе для смораживания

После сборки устройства просходит подготовка образца грунта в приборе для смораживания.

Подготовка образца для смораживания и сама процедура смораживания производится в соответствии с приложением Р.2 ГОСТ 12248-2010.

В основание приспособления для смораживания уложить диск из оргстекла.

В основание приспособления для смораживания установить маленькое – нижнее срезное кольцо.



Рисунок 1.16 –Основание приспособления со срезным кольцом

В маленькое срезное кольцо поместить материал, с которым будет производиться сморазивание (металл, дерево, бетон, раствор, грунт и т.д.). В комплекте с приспособлением идет металлический вкладыш.

Установить обойму из оргстекла для большого срезного кольца.

В обойму установить большое срезное кольцо с грунтом. Верх кольца должен быть покрыт фильтровальной бумагой, низ кольца фильтровальной бумагой не покрывать.



Рисунок 1.17 – Большое срезное кольцо в обойме приспособления

Установить прижимное кольцо, закрутить винты и прижать прижимное кольцо к обойме из оргстекла.



Рисунок 1.18 –Установка прижимного кольца

Собранную форму для сморазивания с образцом грунта поместить в морозильную камеру задать в ней заданную отрицательную температуру и в

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

соответствии с приложением Р.2 ГОСТ 12248-2010 произвести сморазживание.

1.3.3. Проведение испытания методом одноплоскостного среза в программе АСИС 3.3

Метод одноплоскостного среза НН ГТ 7.2.1 или Метод одноплоскостного среза НН с измерением вертикальной деформации ГТ 7.2.4.

План действий:

- 1) Открыть программу АСИС 3.3 и в главном окне программы выбирать устройство, на котором будем проводить испытание.
- 2) В открывшемся окне «Новое испытание» нажимать кнопку «Настроить датчики». В открывшемся окне настройки датчиков проверить, чтобы ни на одном из датчиков не было ошибки в работе канала.



Рисунок 1.19 – Окно настройки датчиков

Проверить начальные показания датчика «Вертикальная нагрузка» и «Касательная нагрузка». Они должны находиться в диапазоне от –20 до +20 кПа.

Показания датчика «Деформация среза выставить в диапазон от 1 до 2 мм. Для этого ослабить винт крепления датчика деформации среза, и двигая датчик вперед и назад выставить показания в требуемый диапазон. Затем зафиксировать датчик винтом.

Показания датчика «Вертикальная деформация» настраивается только в случае выбора испытания с измерением вертикальной деформации. Его

необходимо выставить в диапазон от 9 до 10 мм. Для этого на держателе датчика перемещения ослабить винт фиксирующий датчик и двигая датчик вверх и вниз выставить показания в требуемый диапазон. Затем зафиксировать датчик винтом.

3) После настройки датчиков нажать на экране кнопку «Закончить настройку датчиков» и выбрать из списка методов испытаний «Метод одноплоскостного среза НН ГТ 7.2.1» или «Метод одноплоскостного среза НН с измерением вертикальной деформации ГТ 7.2.4».

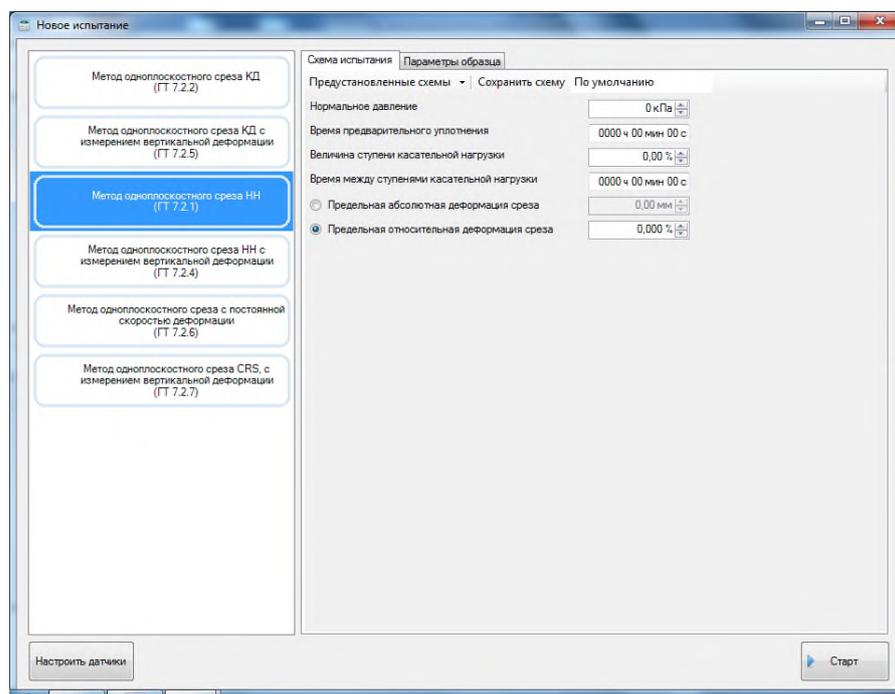


Рисунок 1.20 – Выбор метода испытания

4) В «Схема испытания» в соответствии с ГОСТ 12248-2010 п.п.5.1.5 задать следующие параметры:

- Нормальное давление – по заданию или ГОСТ 12248-2010 таблица 5.5.
- Время предварительного уплотнения – 2-3 секунды.
- Величина ступени касательной нагрузки – не более 10%.
- Время между ступенями касательной нагрузки – 10-15 секунд.
- Выбрать и задать предельную деформацию среза:

- Абсолютная деформация – 7,15 мм или Относительная деформация – 10%.

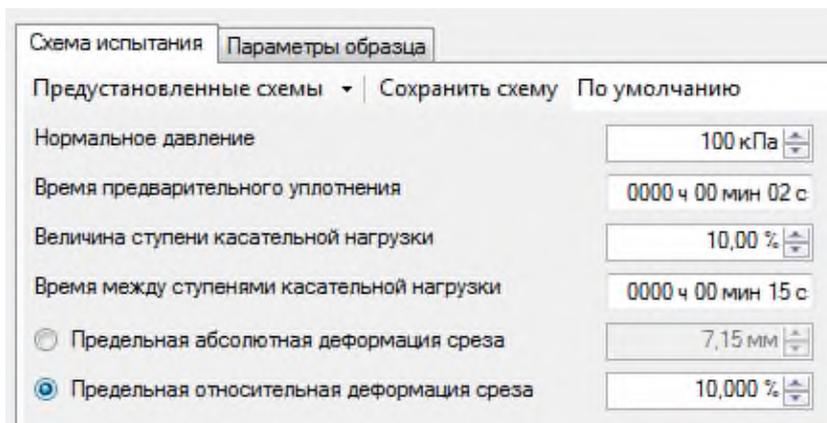


Рисунок 1.21 – Окно схема испытания

- 5) Во вкладке «Параметры образца» проверить и при необходимости задать размеры образца. Высота образца 35 мм, диаметр образца 71,5 мм.
- 6) В окне «Новое испытание» нажать кнопку «Старт» и запустить испытание – открывается окно испытания.

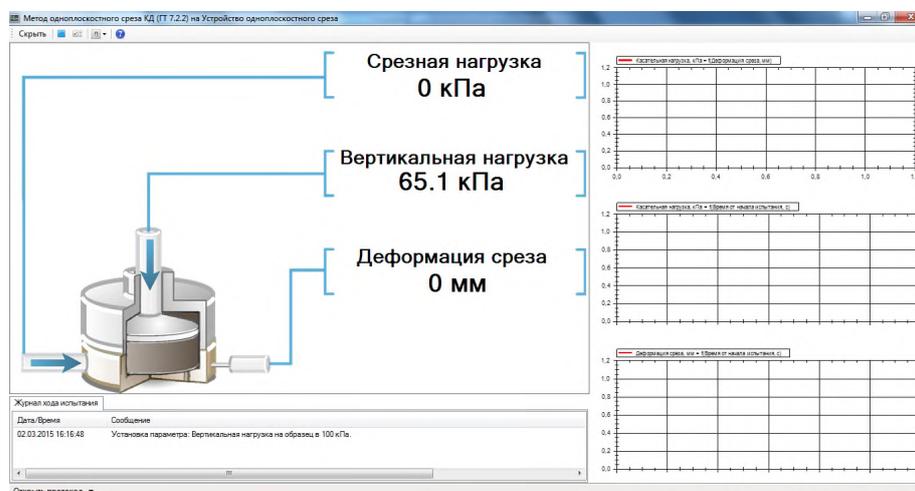


Рисунок 1.22 – Окно новое испытание

Далее в соответствии с заложенной в программу АСИС 3.3 схемой будет проводиться испытание. Чтобы выбрать и запустить другое испытание на другом устройстве в окне испытания в левом верхнем углу нажать кнопку «Скрыть». Если требуется прервать испытание, то в окне испытания в левом верхнем углу нажать кнопку остановить испытание (синий квадрат).

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

7) По завершению испытания устройство одноплоскостного среза будет автоматически разгружено, и в окне испытания появится сообщение «Нажмите ОК для завершения испытания». Не нажимая кнопку «ОК» в этом сообщении необходимо в нижнем левом углу нажать кнопку «Открыть протокол». Для того чтобы пересохранить данные испытания нажать «В проводнике» и данные сохранить в любую папку. Для того чтобы сразу провести расчет по данным испытания нажать кнопку «В программе просмотра» и открывшиеся данные испытания скопировать в соответствующий excel шаблон.

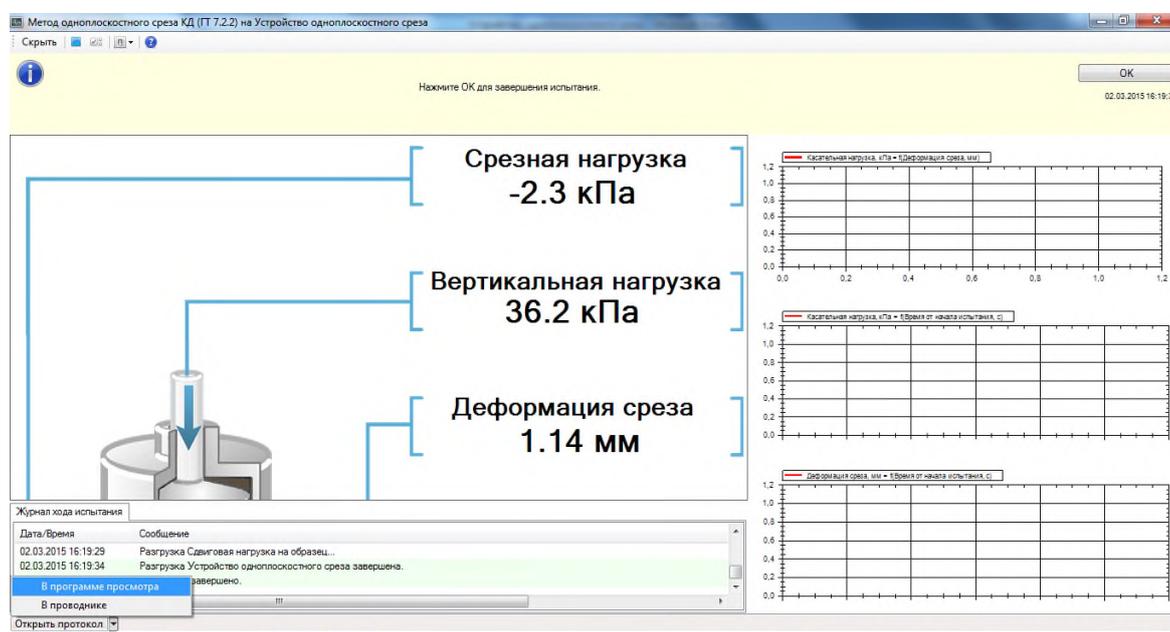


Рисунок 1.23 – Завершение испытания

9) В окне испытания в сообщении «Нажмите ОК для завершения испытания» нажать кнопку «ОК». Далее на этом устройстве одноплоскостного среза можно проводить любое другое испытание.

1.4. Устройство трехосного сжатия

1.4.1. Подготовка дегазатора

К штуцеру "Пневмосеть 0,6 МПа" (расположен с левой стороны устройства) подсоединить пневмотрубку от сети со сжатым воздухом.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Рисунок 1.24 – Присоединение пневмотрубки к прибору

Все краны на панели устройстве должны быть переведены в положение "Закр.". Пробка на крышке дегазатора должна быть закручена.

Заполнение емкости дегазатора дистиллированной водой:

Вариант 1.

К штуцеру "Заполнение", расположенному на правой боковой поверхности дегазатора, подсоединить пневмотрубку. Второй конец пневмотрубки опустить в емкость с дистиллированной водой.

Кран "Заполнение" перевести в положение "Откр.", кран-переключатель "Давление" переключить в положение "Пониженное".

Вращая ручку регулятора давления создать в емкости вакуум при этом стрелка на индикаторе давления должна быть на отметке 0,5 – 0,7 МПа.

По мере заполнения емкости водой, когда уровень жидкости в емкости, будет в верхнем положении, вращая ручку "Регулятор давления" сбросить вакуум при этом стрелка на индикаторе давления должна опуститься на 0. Уровень воды в колбе дегазатора не должен доходить до верха на 3-5 см.

После того как вакуум в емкости будет полностью сброшен кран "Заполнение" перевести в положение "Закр.", кран-переключатель "Давление" перевести в среднее положение.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вариант 2.

Открутить пробку на крышке дегазатора.

Залить в отверстие на крышке дегазатора дистиллированную воду.

Уровень воды в колбе дегазатора не должен доходить до верха на 3-5 см.

Закрутить пробку на крышке дегазатора.

Кран-переключатель переключить в положение "Пониженное". Вращая ручку регулятора давления создать в емкости вакуум при этом стрелка на индикаторе давления должна быть на отметке 0,5 – 0,7 МПа.

Выдержать вакуум в емкости в течении 10 минут и вращая ручку "Регулятор давления" сбросить вакуум при этом стрелка на индикаторе давления должна опуститься на 0.

После того как вакуум в емкости будет полностью сброшен кран "Заполнение" перевести в положение "Закр.", кран-переключатель "Давление" перевести в среднее положение.

Слив воды с дегазатора:

Слив воды необходимо производить при полной замене воды в дегазаторе новой или если испытания не планируется проводить длительное время.

На дегазаторе к штуцеру "Подача воды" подсоединить пневмотрубку и направить ее в пустую емкость, в которую будем сливать воду.

Кран подачи воды перевести в положение "Откр.", кран-переключатель давления перевести в положение "Повышенное". Кран "Заполнение" должен быть закрыт.

Регулятором давления создать давление в дегазаторе 0,1 – 0,2 МПа.

Как только вода из дегазатора будет слита, регулятором давления сбросить давление в 0 и все краны на дегазаторе перевести в положение "Закр.".

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4.2. Сборка устройства трехосного сжатия

В пазы на основании камеры трехосного сжатия установить пять резиновых уплотнительных колец и смазать их техническим вазелином либо Литол-24.



Рисунок 1.25 – Основание камеры трехосного сжатия

Взять нижний штамп соответствующего диаметра 38 мм или 50 мм и установить его на основание камеры трехосного сжатия, с ориентировав его на основании при помощи направляющего винта.



Рисунок 1.26 – Установка нижнего штампа

Основание камеры трехосного сжатия с установленным штампом перевернуть и в отверстие вставить три винта. При помощи шестигранника на 3 мм закрутить винты, зафиксировав штамп на основании.

С нижнего штампа снять верхнее резиновое уплотнительное кольцо, предназначенное для фиксации резиновой оболочки на штампе.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Установка в камеру трехосного сжатия образцов грунта при помощи расширителя резиновой оболочки:

Расширитель резиновой оболочки используется для установки в камеру тарировочного вкладыша или образцов связного грунта, которые хорошо держат форму. При установке в камеру трехосного сжатия вкладыша для тарировки сборку осуществлять без установки пористых дисков.

На нижний штамп в основании камеры трехосного сжатия установить пористый диск (каменный фильтр).



Рисунок 1.27 – Установка пористого диска (каменного фильтра)

С одной стороны расширителя резиновой оболочки одеть два резиновых уплотнительных кольца.



Рисунок 1.28 – Резиновая оболочка

Внутри расширителя поместить резиновую оболочку и завернуть её на края расширителя, так чтобы внутри оболочка не провисала и не имела складок.



Рисунок 1.29 – Установка резиновой оболочки на расширитель

При помощи режущего кольца подготовить образец грунта вырезав его из монолита. Торцы образца грунта покрыть влажной фильтровальной бумагой.



Рисунок 1.30 – Подготовка образца грунта

При помощи вкладыша для тарировки выдавить образец грунта из режущего кольца и установить его на пористый диск в основании камеры трехосного сжатия.



Рисунок 1.31 – Установка образца грунта в основание камеры трехосного сжатия

Через трубку подключенную к расширителю создать разрежение, так чтобы резиновая оболочка растянулась и прижалась к стенкам расширителя. Трубку перегнуть при этом не допустив сброса созданного вакуума.



Рисунок 1.32 – Заполнение резиновой оболочки воздухом, для ее плотного прилегания к стенкам расширителя

Надеть расширитель с резиновой оболочкой на установленный образец грунта стороной с резиновыми кольцами вниз и сбросить вакуум разжав трубку.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Резиновую оболочку с нижнего края расширителя надеть на нижний штамп камеры трехосного сжатия. Оболочку расправить на нижнем штампе, так чтобы не было складок и переместить с расширителя резиновое уплотнительное кольцо, поместив его в проточку на нижнем штампе.

На верхний торец образца установить пористый диск и на него верхний штамп.

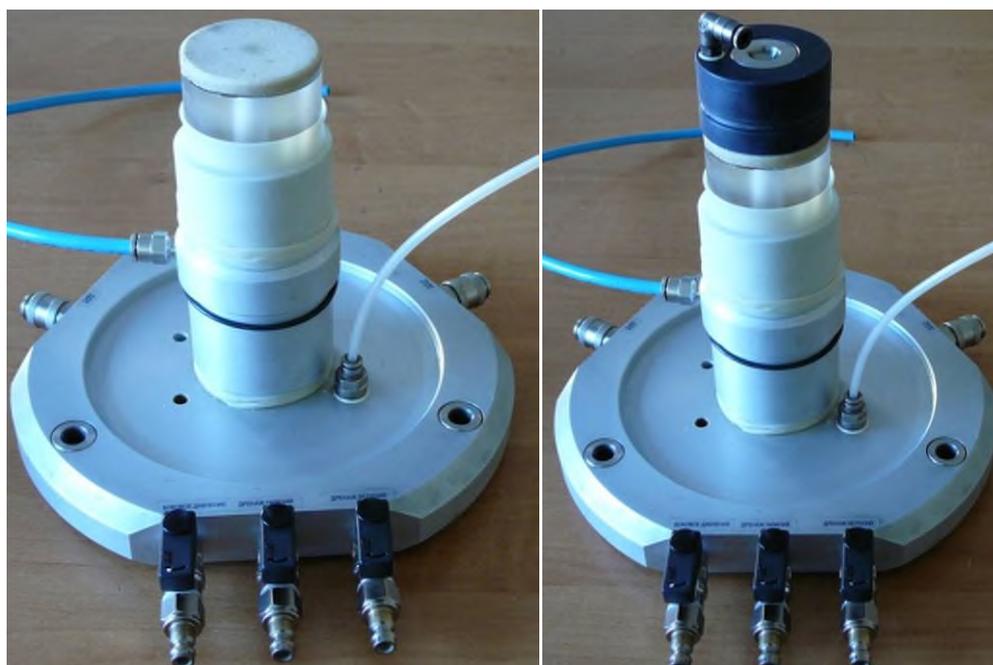


Рисунок 1.33 – Установка верхнего штампа

Резиновую оболочку с верхнего края расширителя переместить на верхний штамп и расправить её, так чтобы не было складок.

Снимая расширитель с образца грунта, переместить в проточку на верхнем штампе резиновое уплотнительное кольцо.

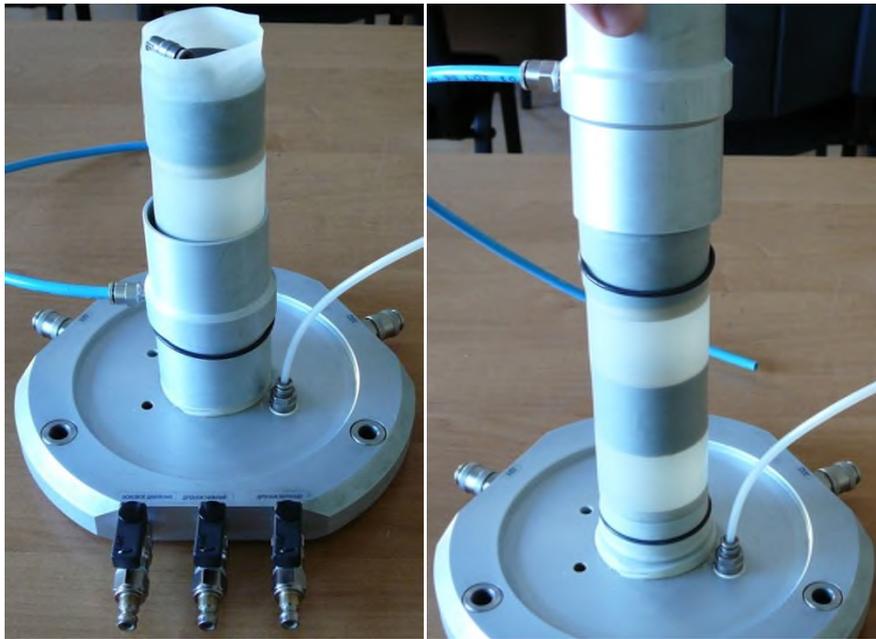


Рисунок 1.34 – Перемещение резиновой оболочки на верхний штамп

К штуцеру на верхнем штампе подсоединить пневмотрубку верхнего дренажа. Второй конец трубки должен быть соединен со штуцером канала верхнего дренажа в основании камеры трехосного сжатия.

На основание камеры трехосного сжатия установить колбу. (колбу можно устанавливать любой стороной).

В крышке камеры трехосного сжатия смазать литолом резиновую манжету.

Установить крышку камеры на колбу, так чтобы кран на крышке и краны в основании камеры были с одной стороны.



Рисунок 1.35 – Установка колбы и крышки камеры

В отверстие на крышке камеры трехосного сжатия установить шток вместе с закрепленном на нем держателем датчика перемещения и датчиком деформации. Шток опустить до касания с верхним штампом установленном на образце грунта.



Рисунок 1.36 – Установка штока и датчиков деформации и перемещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017

Лист

33

Установить стойки камеры трехосного сжатия и закрутить их.

Установить собранную камеру трехосного сжатия на столик нагрузочной рамы.



Рисунок 1.37 –Установка камеры трехосного сжатия на столик нагрузочной рамы

К штуцерам на основании камеры подсоединить датчики давления в соответствии с маркировкой. Датчик с маркировкой ДД1 подсоединить к штуцера с маркировкой ДД1. Датчик с маркировкой ДД2 подсоединить к штуцера с маркировкой ДД2.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



Рисунок 1.38 – Подсоединение датчиков к соответствующим штуцерам

Взять пневмотрубку со штуцером и подключить её к крану "Боковое давление" в основании камеры трехосного сжатия. Второй конец трубки подключить к штуцеру "Рабочее давление" на первом нагнетателе.



Рисунок 1.39 – Установка пневмотрубки

На камере трехосного сжатия кран "Дренаж нижний" и "Дренаж верхний" перевести в закрытое положение.

На камере трехосного сжатия кран "Боковое давление" и кран сброса воздуха на крышке камеры перевести в открытое положение. К штуцеру крана сброс воздуха подключить один конец пневмотрубки, а второй

поместить в пустую емкость. На первом нагнетателе кран "Рабочее давление" и "Заполнение" перевести в положение "Откр."

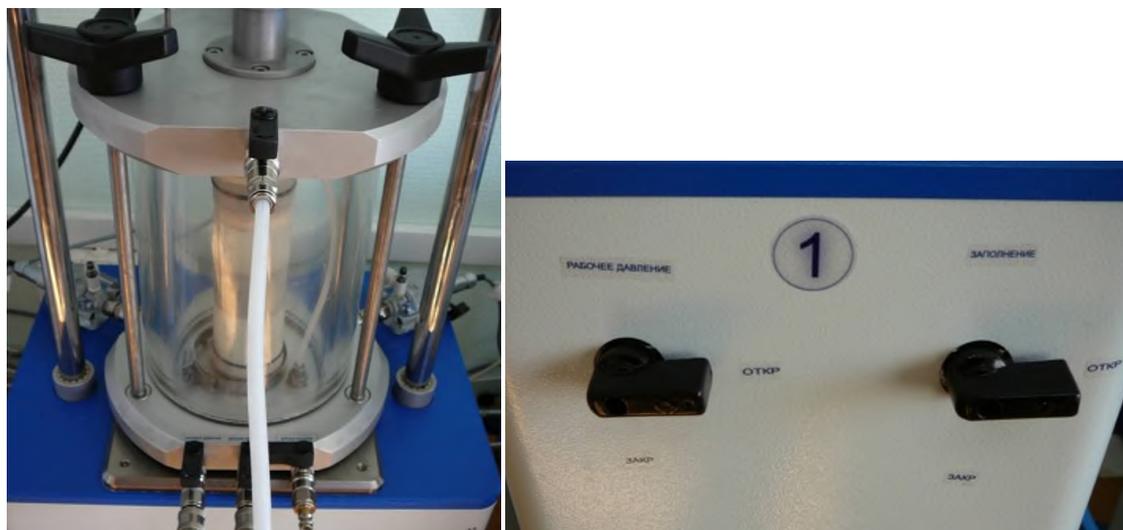


Рисунок 1.40– Выставление положения нагнетателей

На дегазаторе кран "Заполнение" перевести в положение "Закр.", а кран "Подача воды" в положение "Откр.". Переключатель перевести в положение "Повышенное" и вращая ручку "Регулятор давления" создать на индикаторе давление 1 bar (0,1 МПа).

После выполнения вышеуказанных действий вода из дегазатора будет заполнять камеру трехосного сжатия. Если при заполнении камеры водой в дегазаторе кончится жидкость, то вращая "Регулятор давления" сбросить созданное давление в ноль и выполнить указания п.п. **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

По мере заполнения камеры трехосного сжатия водой необходимо заполнить датчик измерения бокового давления. Для этого на датчике бокового давления (подключен к разъему ДД1, всегда расположен с левой стороны камеры трехосного сжатия) открыть кран сброса воздуха, выкрутив на нем винт, и как только датчик будет заполнен водой винт крана закрутить.

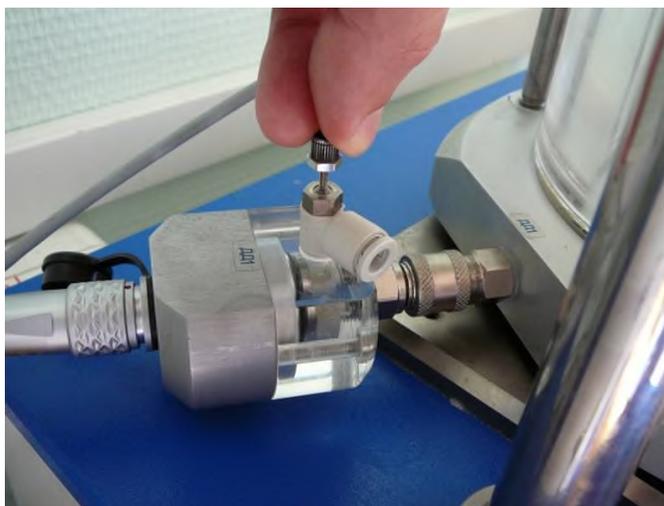


Рисунок 1.41 – Заполнение датчика водой

При почти полном заполнении камеры водой её следует немного наклонить краном сброса воздуха вверх, так чтобы вышел весь воздух. Как только камера трехосного сжатия будет полностью заполнена водой и из трубки подключенной к крану сброса воздуха на крышке камеры польется вода кран "Рабочее давление" на первом нагнетателе перевести в положение "Закр."



Рисунок 1.42 – Изменение положения нагнетателей

Слегка надавить на шток камеры трехосного сжатия и проверить доведен ли он до касания с верхним штампом. Кран на крышке камеры перевести в закрытое положение. На дегазаторе вращая "Регулятор давления" сбросить созданное давление в ноль и все краны перевести в положение "Закр."

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37



Рисунок 1.43 – Сброс созданного давления и установка положения кранов

Закрутить винт датчика силы нагрузочной рамы, так чтобы между винтом и шариком на камере трехосного сжатия был зазор не менее 3 мм.

1.4.3. Проведение испытания методом трехосного сжатия в программе АСИС 3.3

Отличие проведения испытания с камерой типа Б от камеры типа А заключается в том что для камеры типа Б в схемах нагружения можно задать коэффициент бокового давления. Если коэффициент бокового давления равен 1, то в процессе обжатия образца давление на образец $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$, т.е. испытание аналогично камере тип А. Если коэффициент бокового давления не равен 1, то в процессе обжатия образца давление на образец $\sigma_1\neq\sigma_2=\sigma_3$.

План действий:

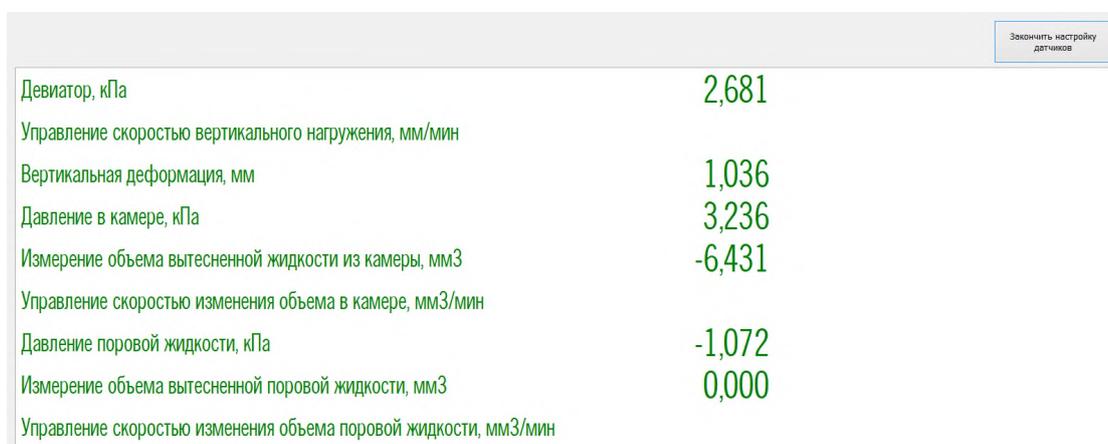
- 1) Открыть программу АСИС 3.3 и в главном окне программы выбирать устройство, на котором будем проводить испытание.
- 2) При открытии окна "Выбор варианта сборки" выбирать верхнее сочетание комплекта.
- 3) В открывшемся окне "Новое испытание" нажимать кнопку "Настроить датчики".

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4) В открывшемся окне настройки датчиков проверить, чтобы ни на одном из датчиков не было ошибки в работе канала.

Проверить начальные показания датчика "Девиатор, кПа", "Давление в камере, кПа", "Давление поровой жидкости, кПа". Они должны находиться в диапазоне от -20 до +20 кПа.

Показания датчика "Вертикальная деформация, мм" необходимо выставить в диапазон от 1 до 2 мм. Для этого на держателе датчика перемещения ослабить винт фиксирующий датчик и двигая датчик вверх и вниз выставить показания в требуемый диапазон. Затем зафиксировать датчик винтом.



Закончить настройку датчиков	
Девиатор, кПа	2,681
Управление скоростью вертикального нагружения, мм/мин	
Вертикальная деформация, мм	1,036
Давление в камере, кПа	3,236
Измерение объема вытесненной жидкости из камеры, мм ³	-6,431
Управление скоростью изменения объема в камере, мм ³ /мин	
Давление поровой жидкости, кПа	-1,072
Измерение объема вытесненной поровой жидкости, мм ³	0,000
Управление скоростью изменения объема поровой жидкости, мм ³ /мин	

Рисунок 1.44 – Окно настройки датчиков

5) По завершению настройки датчиков нажать кнопку "Закончить настройку датчиков" и выбрать в окне "Новое испытание" тип испытания "Метод трехосного сжатия НН с камерой т. А (ГТ 7.3.39)".

6) В открывшемся окне "Выбор варианта сборки" выбрать верхнюю строчку варианта подключения и нажать кнопку "Выбрать".

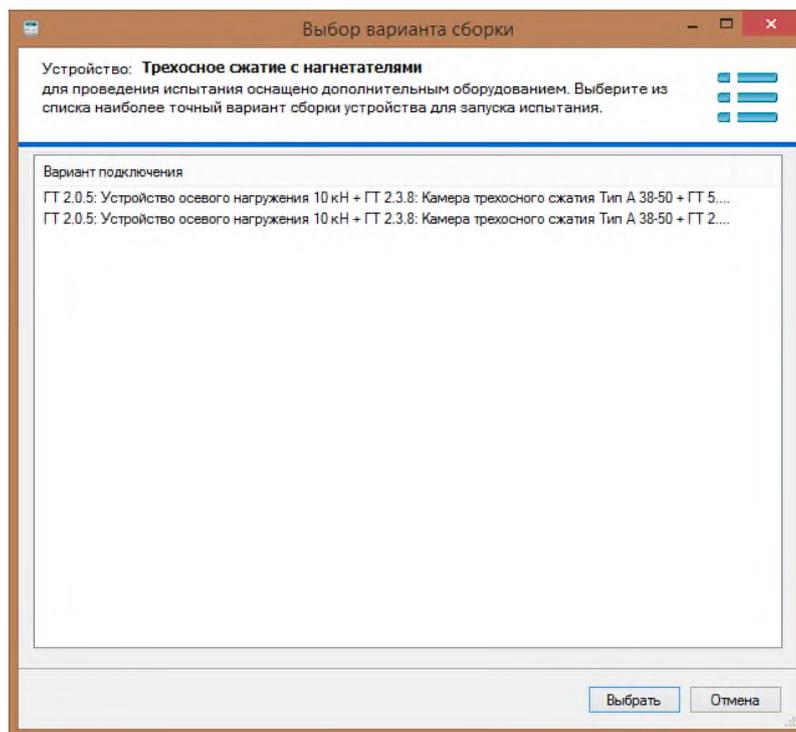


Рисунок 1.45 – Окно «Выбор варианта сборки»

7) Во вкладке "параметры образца" задать размеры образца грунта установленного в камеру трехосного сжатия: Высота образца, мм; Диаметр образца, мм. (Ø38мм, h=76 мм или Ø50мм, h=100 мм либо другие размеры в зависимости от используемой камеры трехосного сжатия).

8) Выбрать вкладку "Схема испытания" и в соответствии с заданием или ГОСТ 12248-2010 задать следующие параметры нагружения образца:

- задать величину "Бытовое давление", кПа (рассчитывается в зависимости от глубины отбора образца $\sigma = \sum \gamma z$);
- выбрать метод реконсолидации образца грунта (выбирается в зависимости от задания или по желанию пользователя):
 - "Реконсолидация методом ВФС" – задать "Степень давления", кПа (степень принимается пользователем);
 - "Реконсолидация в условиях отсутствия дренажа" – задать "Время предварительного уплотнения" (30 мин по ГОСТу);
- в стадии вертикального нагружения выбрать вид вертикального нагружения образца грунта:

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– "Давление разгрузки" если задано заданием ставиться галочка, задается "Давление разгрузки", кПа и "Количество циклов". Если заданием не задано, то галочка должна быть снята;

– "Статическая нагрузка" – задать "Степень вертикального давления (% от всестороннего) по ГОСТу не более 10%, и "Время между ступенями вертикального давления", ч:мин:с (15 с – 1 мин. по ГОСТу);

– "Непрерывная нагрузка" – задать "Скорость вертикальной деформации", мм/мин (0,5 – 2 мм/мин по ГОСТу);

Выбор вида нагружения ("Статическая нагрузка" или "Непрерывная нагрузка") принимается по заданию или выбирается пользователем по желанию.

- выставить критерий разрушения образца – "Предельная относительная вертикальная деформация" – 15% по ГОСТу;
- если требуется выставить галочку и задать критерий разрушения образца – "Максимальная нагрузка", кПа. Если не задано заданием на испытание, галочку не ставить.

9) В окне "Новое испытание" нажать кнопку "Старт" - откроется окно испытания и окно "Инициализация". Выставить "Требуемое положение" 3,0 мм и нажать кнопку "Позиционировать".

Внимание: проверить наличие зазора не менее 5 мм между винтом датчика силы и шариком на штоке камеры.

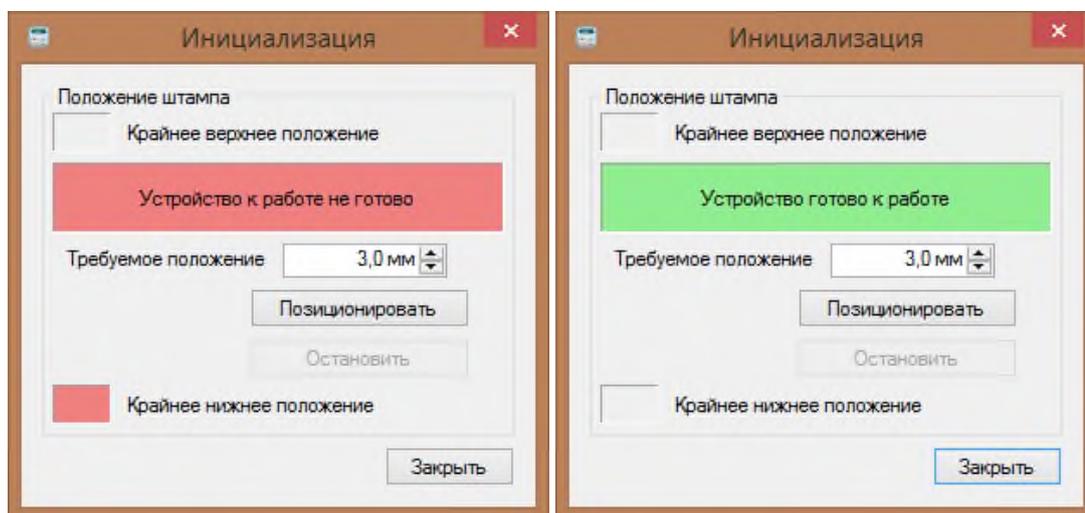


Рисунок 1.46 – Окно инициализации

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

10) После позиционирования нагрузочной рамы, когда в окне "Инициализация" появится зеленая строка "Устройство готово к работе" довести до касания винт датчика силы, закрепленного на балке нагрузочной рамы, с шариком на камере трехосного сжатия и нажать в окне "Инициализация" кнопку "Заккрыть".

11) Откроется окно испытание и сообщение "Позиционировать нагнетатель давления в камере?". В этом сообщении нажать кнопку "Да" и откроется окно "Управление нагнетателем".

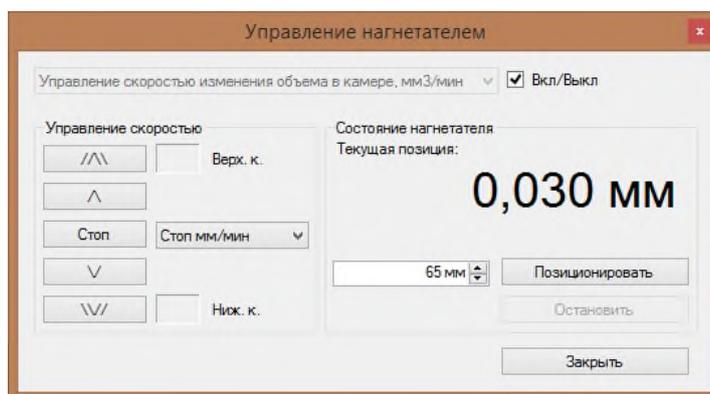
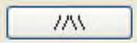


Рисунок 1.47 –Окно управления нагнетателем

12) При помощи окна управления нагнетателем провести процедуру заполнения нагнетателя водой. На нагнетателе кран "Рабочее давление " перевести в положение "Закр.", а кран "Заполнение" в положение "Откр.". На дегазаторе кран "Подача воды" и кран "Заполнение" перевести в положение "Откр.", а переключатель давления в среднее положение.



Рисунок 1.48 – Выставление кранов в нужное положение

13) В окне "Управление нагнетателем" нажать кнопку . После того как нагнетатель переместится в крайнее верхнее положение (загорится красным квадрат "Верх.к.") выставить положение нагнетателя 65 мм и нажать кнопку "Позиционировать". При необходимости повторить процедуру заполнения нагнетателя ещё раз.

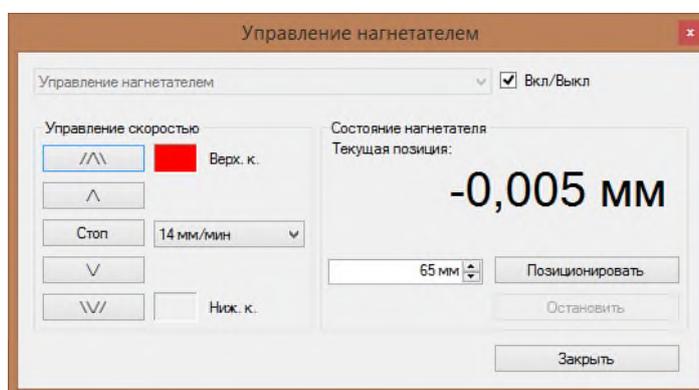


Рисунок 1.49 – Окно «Управление нагнетателем»

14) По завершению позиционирования нагнетателя когда "Текущая позиция" в окне "Управление нагнетателем" будет установлена в соответствии с заданной - 65 мм и нагнетатель остановиться на дегазаторе все краны перевести в положение "Закр.". На нагнетателе кран "Рабочее давление" перевести в положение "Откр.", а кран "Заполнение" в положение "Закр.". В окне "Управление нагнетателем" нажать кнопку "Закреть".

15) Далее в окне испытания откроется сообщение "Позиционировать нагнетатель давления поровой жидкости?". Т.к. в соответствии с ГОСТ 12248-2010 в испытании методом НН противодействие не создается, то в сообщении нажать кнопку "Нет". Далее в окне испытания откроется сообщение "Произвести водонасыщение образца?".

16) В соответствии с ГОСТ 12248-2010 НН испытание на трехосное сжатие проводят для определения сопротивления недренированному сдвигу Сиводонасыщенных в природных условиях глинистых, органоминеральных и органических грунтов природной плотности. Поэтому необходимо на камере трехосного сжатия кран "Дренаж верхний" и "Дренаж нижний" перевести в закрытое положение, закрыть кран датчика порового давления, для этого закрутить винт крана и в сообщении "Произвести водонасыщение образца?" нажать кнопку "Нет".

17) Если требуется проведение водонасыщения образца грунта в камере трехосного сжатия, то необходимо выполнить следующие действия:

- Кран "Дренаж верхний" и "Дренаж нижний" перевести в открытое положение.

- В сообщении "Произвести водонасыщение образца?" нажать кнопку "Да".

- В окне "Водонасыщение грунта" задать "Давление в камере" 10-20 кПа и нажать кнопку "Установить ступень".

- После установки требуемого давления в камере (значение установленного давления отображается в окне испытания "Давление в

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

камере") к крану "Дренаж нижний" подсоединить пневмотрубку со штуцером.

- Второй конец пневмотрубки подсоединить к штуцеру "Рабочее давление" на втором нагнетателе. Если в составе установки нет второго нагнетателя, то пневмотрубку подсоединить к штуцеру "Подача воды" на дегазаторе.

- На втором нагнетателе краны "Рабочее давление" и "Заполнение" перевести в положение "Откр."

- На дегазаторе переключатель давления перевести в среднее положение, а краны "Подача воды" и "Заполнение" перевести в положение "Откр."

- Для удаления воздуха из пневмотрубки и канала нижнего дренажа на датчике порового давления открыть кран для сброса воздуха выкрутив винт дросселя.

- Как только из канала дренажа выйдет весь воздух и из крана на датчике порового давления польется вода винт дросселя закрутить.

- Далее начнется водонасыщение образца. Водонасыщение считать законченным когда из крана "Дренаж верхний" польется вода (для удобства к крану "Дренаж верхний" на камере трехосного сжатия подсоединить пневмотрубку со штуцером и второй конец трубки опустить в пустую емкость. Если вода не льется из крана "Дренаж верхний" в течении двух суток, то водонасыщение также можно считать завершенным.

- На дегазаторе все краны перевести в положение "Закр.", на втором нагнетателе кран "Заполнение" и кран "Рабочее давление" перевести в положение "Закр.".- Перекрыть кран "Дренаж верхний" и "Дренаж нижний" на камере трехосного сжатия и на экране в окне "Водонасыщение грунта" нажать кнопку "Завершить водонасыщение".

18) После того как в соответствии с заданной схемой испытания будет произведена реконсолидация образца грунта бытовым давлением на экране

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

откроется сообщение "Провести водонасыщение образца методом "Противодавления"?".

19) В соответствии с ГОСТ 12248-2010 для испытания методом НН противодавление не создается, поэтому в сообщении нажать кнопку "Нет" и продолжить испытание.

20) По завершению испытания устройство будет автоматически разгружено, и в окне испытания появиться сообщение "Нажмите ОК для завершения испытания". Не нажимая кнопку "ОК" в этом сообщении, необходимо в нижнем левом углу нажать кнопку "Открыть протокол". Для того чтобы пересохранить данные испытания нажать "В проводнике" и папку с данными испытания пересохранить в любую папку. Для того чтобы сразу провести расчет по данным испытания нажать кнопку "В программе просмотра" и открывшиеся данные испытания после задания фильтра скопировать в соответствующий excel шаблон.

21) После обработки данных испытания в окне испытания в сообщении "Нажмите ОК для завершения испытания" нажать кнопку "ОК". Далее на этом устройстве трехосного сжатия можно проводить любое другое испытание.

1.4.4. Обработка результатов испытаний

Для обработки результатов испытаний после завершения испытания в окне испытания в нижнем левом углу нажать кнопку "Открыть протокол" и выбрать в списке "В программе просмотра" или "В проводнике".

План действий:

Выбрав "В проводнике" откроется окна, в котором выбрать папку с испытанием и открыть ее. В открытой папке выбрать папку Test и открыть её. В открытой папке в текстовом формате хранятся данные испытания - файл Test.log. Данные это файла можно открыть в программе Excel или ей подобной программе в виде таблицы.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбрав "В программе просмотра" данные испытания откроются в подпрограмме. Нажав кнопку "Фильтр", можно задать условия для фильтрации данных испытания.

Например:

для испытаний с непрерывным нагружением вертикальной нагрузки:

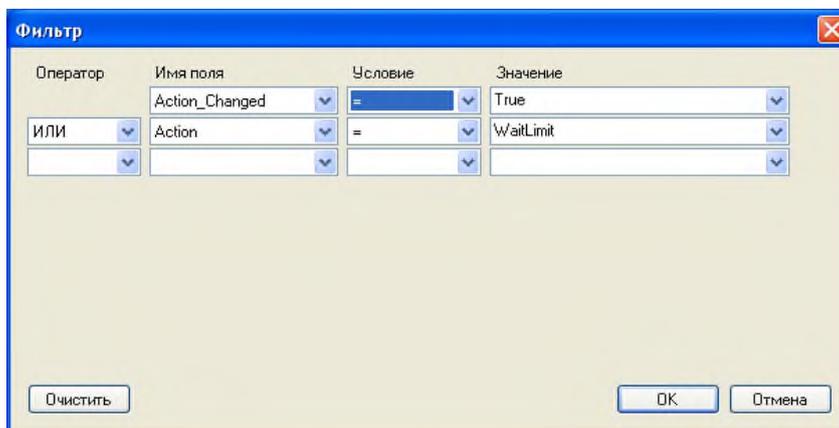


Рисунок 1.50 – Окно для фильтрации данных испытания

Далее нажать кнопку "Выделить все" и затем "Копировать в буфер".

Открыть шаблон отчета сделанного в Excel

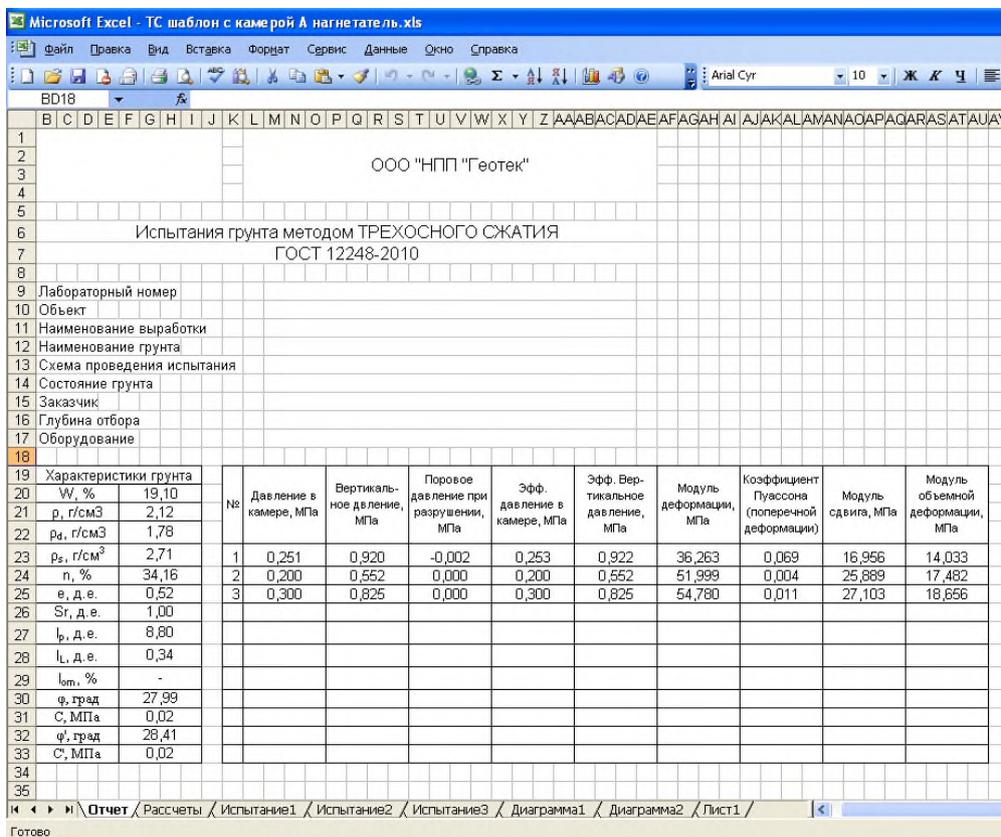


Рисунок 1.51 – Шаблон Excel

На панели инструментов нажать «Файл» и выбрать «Сохранить как» и шаблон отчета, пере сохранить в нужном месте и с нужным названием.

Открыть лист «Испытание 1» и на пересечении названия строк и столбцов нажать квадрат – выделятся все данные на листе. На клавиатуре нажать кнопку «Delete» и удалить все данные с листа. Выделить ячейку A1 и нажать на панели инструментов кнопку «Вставить» .

Для обработки результата испытания по ГОСТ 12248-2010 по методу НН и КД для определения деформационных характеристик выполнить указания п.6 для листа «Испытание 2» и «Испытание 3». Открыть лист «Отчет» и в таблицу «Характеристики грунта» внести данные физических свойств грунта (Физические свойства грунта в расчете параметров трехосного сжатия не участвуют, поэтому если они не нужны в отчете, то их можно и не заносить). Сверху в листе отчета задать данные по грунту, объекту и заказчику.

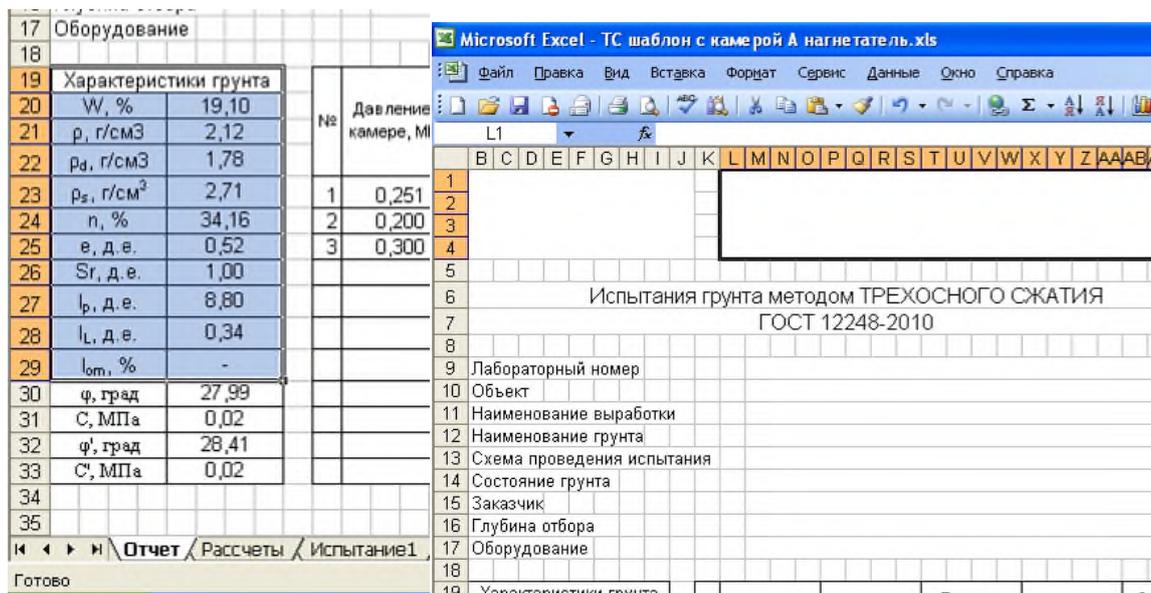


Рисунок 1.52 – Внесение данных в отчет

Для расчета параметров испытания по ГОСТ 12248-2010 полученных методом НН из таблиц удалить данные, которые не рассчитываются данным методом. На рисунке лишние данные, которые следует удалить выделены желтым цветом. Лишние данные желательно удалять нажатием кнопки «Delete» на клавиатуре.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

17	Оборудование											
18												
19	Характеристики грунта											
20	W, %	19,10	№	Давление в камере, МПа	Вертикальное давление, МПа	Поровое давление при разрушении, МПа	Эфф. давление в камере, МПа	Эфф. Вертикальное давление, МПа	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона (поперечной деформации)	Модуль сдвига, МПа	Модуль объемной деформации, МПа
21	p, г/см ³	2,12										
22	Pd, г/см ³	1,78										
23	P _s , г/см ³	2,71	1	0,251	0,920	-0,002	0,253	0,922	36,263	0,069	16,956	14,033
24	n, %	34,16	2	0,200	0,552	0,000	0,200	0,552	51,999	0,004	25,889	17,482
25	e, д.е.	0,52	3	0,300	0,825	0,000	0,300	0,825	54,780	0,011	27,103	18,656
26	Sr, д.е.	1,00										
27	Ip, д.е.	8,80										
28	I _L , д.е.	0,34										
29	l _{ом} , %	-										
30	φ, град	27,99										
31	C, МПа	0,02										
32	φ', град	28,41										
33	C', МПа	0,02										
34												
35												
Отчет / Рассчеты / Испытание1 / Испытание2 / Испытание3 / Диаграмма1 / Диаграмма2 / Лист1 /												
Готово												

Рисунок 1.53 – Данные не участвующие в расчете

Для расчета недренированной прочности грунта выбрать ячейку со значением сцепления и внести в эту ячейку формулу $C_u = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$. Для шаблона excel задать $= (P23 - L23) / 2$.

По завершению расчета excel файл сохранить и лист «Отчет» можно выводить на печать.

1.5. Программные продукты для обработки результатов испытаний

1.5.1. Программный продукт для одноплоскостного среза

В 2013 году в рамках научного исследования в области информационных систем и технологий в строительстве на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» ПГУАС была разработана программа обработки испытаний грунта путем одноплоскостного среза (язык программирования C#).

В качестве начальных данных выступает протокол испытаний. В качестве дополнительных данных - характеристики грунта. В результате после получения данных в таблицу, применения к ним фильтра по обработанным данным строятся графики, и формируется отчет о проведенном испытании.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Графики могут строиться по любым интересующим пользователя данным.

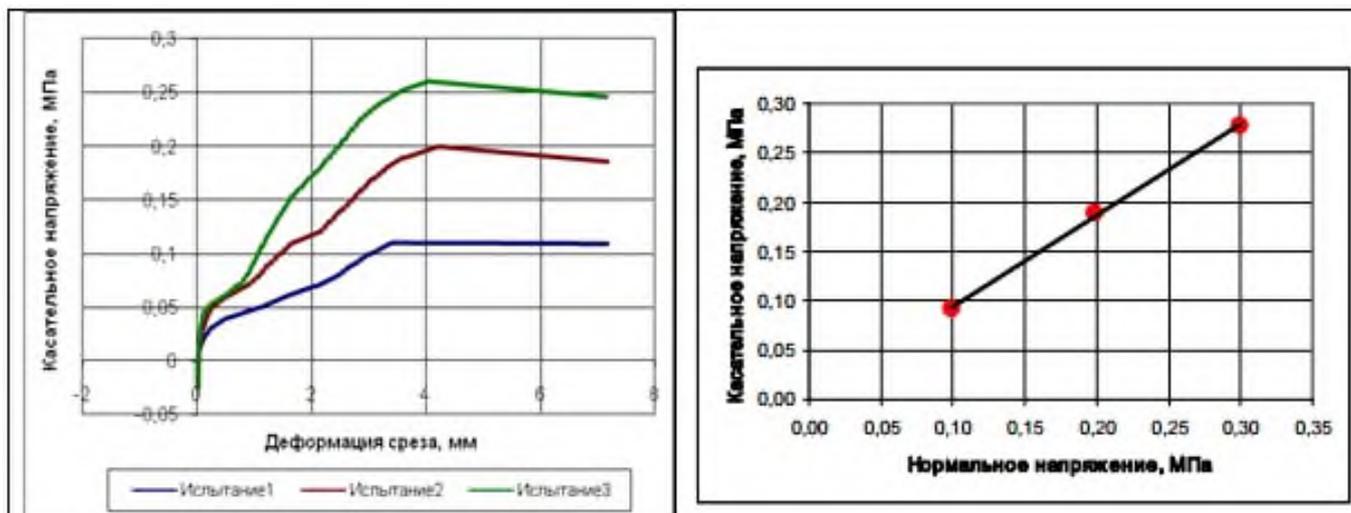


Рисунок 1.54 – Примеры строящихся графиков

Таблица 1.1

Результаты проведения испытаний

№	Нормальное напряжение, МПа	Сопротивление срезу, МПа
1	0,10	0,11
2	0,20	0,20
3	0,30	0,26

В результате по окончании разработки мы получаем программный продукт, обеспечивающий наиболее быструю и эффективную работу, за счет простого и удобного интерфейса и функций, которые позволяют производить необходимые для данного метода действия с данными.

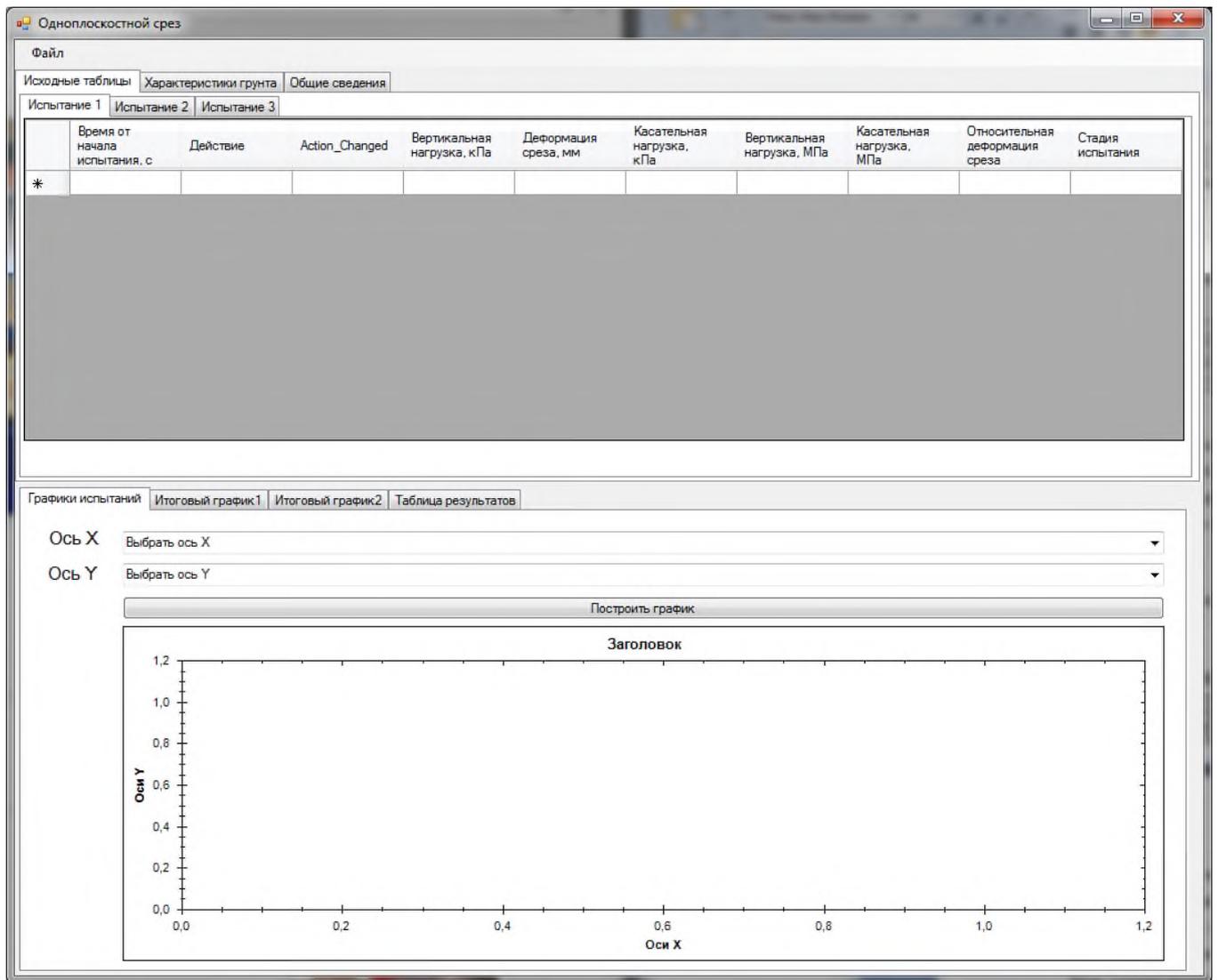


Рисунок 1.55 – Главная форма программы

1.5.2. Программный продукт для трехосного сжатия

В рамках изучения трехосного сжатия была разработана программа обработки результатов трехосных испытаний (язык программирования C#).

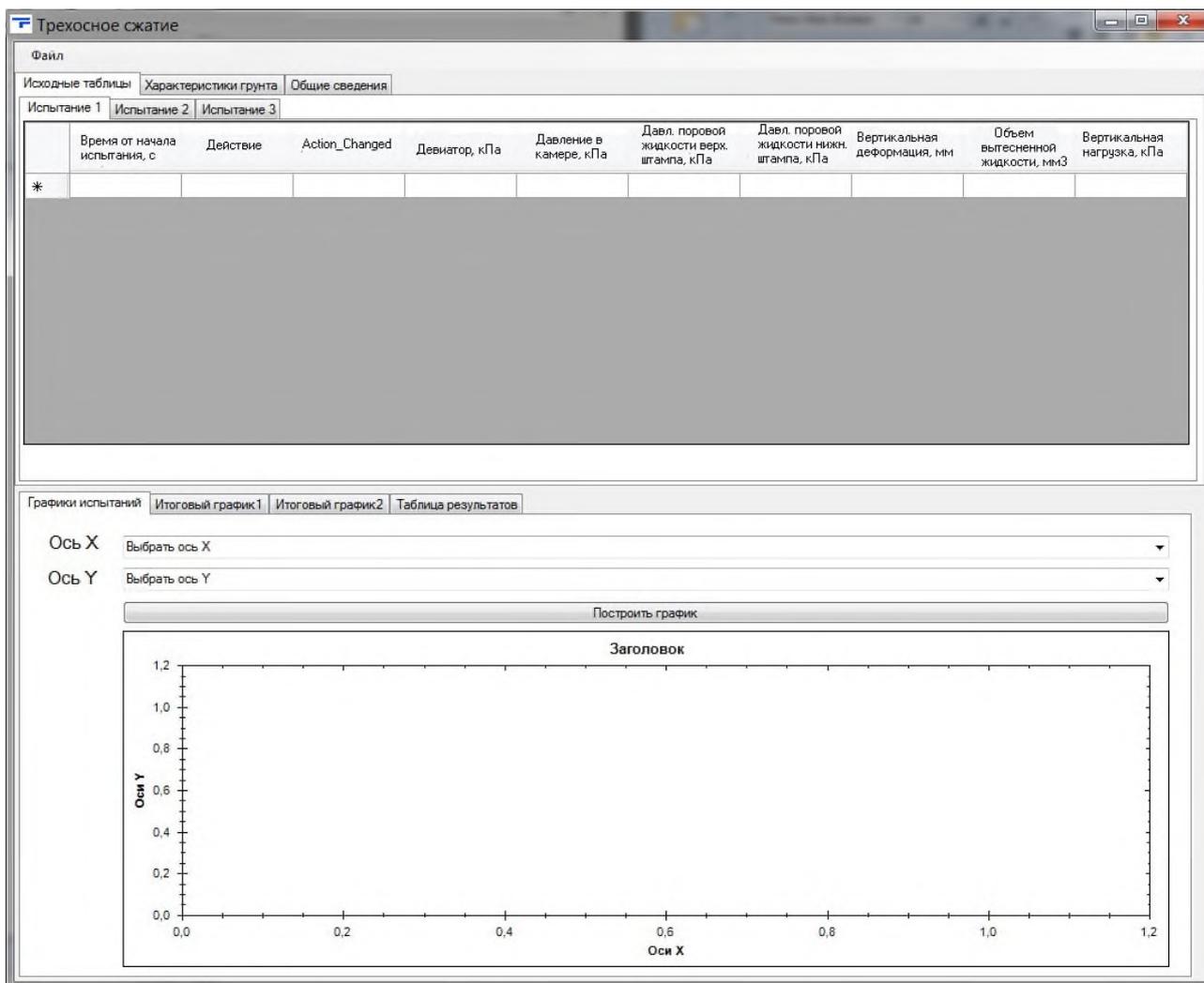


Рисунок 1.56 – Главная форма

В программе можно строить разнообразные графики и производить различные расчеты, минуя шаблоны Excel, которые рассмотрены в предыдущем разделе и используются для расчетов необходимых параметров на данный момент.

Примеры графиков, строящихся после расчетов в программе приведены ниже на рисунке 1.57.

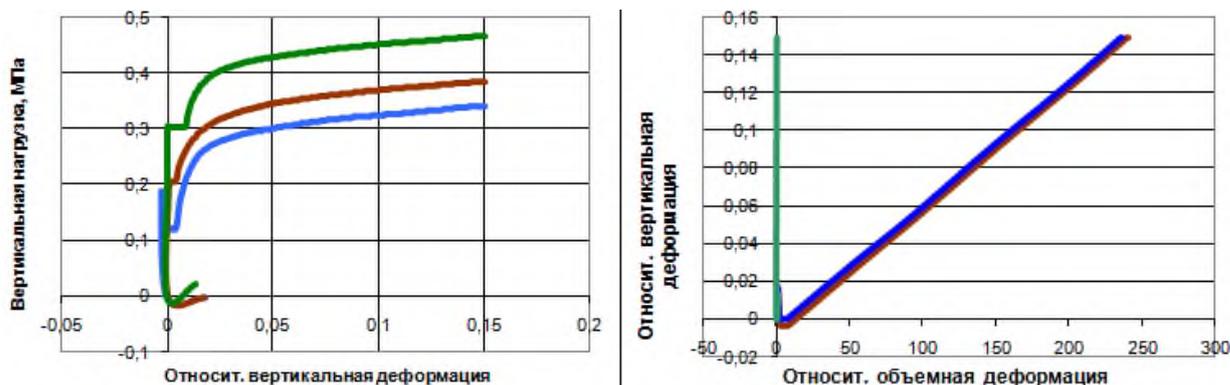


Рисунок 1.57 – Примеры строящихся графиков

1.5.3. Сравнение программных продуктов

За основу программы для трехосного сжатия взята программа одноплоскостного среза, однако она имеет несколько преимуществ.

Главным преимуществом является метод импортирования данных. В настоящее время импортирование производится не из шаблонов Excel, а напрямую из сформированного файла АСИС с расширением *.xml, при помощи отдельной библиотеки Geotek.LogProject.dll, разработанной в НПП «Геотек».

Так же в разработке участвуют компоненты не использованные ранее: в качестве СУБД (системы управления базами данных) взята SQLite, для построения графиков применяется компонент ZedGraph. Паспорт испытаний формируется генератором отчетов FastReport.

Это позволило добиться лучшей производительности: загрузка исходных данных, а так же произведение расчетов происходит быстрее.

2. Постановка задачи и цели исследования

Сопротивление сдвигу - важный параметр, используемый для расчета любых геотехнических задач. На него влияет множество факторов, например, содержание воды в грунте.

Вода, которая проникает в поверхность грунта, приводит к изменению содержания влаги, что обуславливает снижение сопротивления. Содержание воды тесно связано со степенью водонасыщения. Таким образом, трехосные испытания проводились для изучения влияния степени водонасыщения на сопротивление сдвигу грунта при неконсолидированно-недренированном состоянии.

Целями этого исследования являются:

- определения параметров сопротивления сдвигу грунтов, взятых из шурфа, располагающегося на территории компании Геотек по адресу: г. Пенза, ул.Центральная,1.
- определение влияния степени водонасыщения на сопротивление сдвигу грунта, полученного по результатам трехосных испытаний.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Область исследования

3.1. Сопротивление грунта сдвигу

В соответствии с критерием Кулона-Мора, сопротивление сдвигу может быть выражено уравнением через полное нормальное напряжение:

$$s = c + \sigma \tan \varphi \quad (3.1)$$

где s – сопротивление сдвигу, c – удельное сцепление, σ – величина нормальных напряжений, $\tan \varphi$ – тангенс угла внутреннего трения.

Сопротивление сдвигу является функцией эффективного напряжения и записывается таким образом:

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \varphi' \quad (3.2)$$

где c' – эффективное напряжение, φ – угол внутреннего трения, u – давление поровой воды.

Сцепление и угол внутреннего трения называются параметрами прочности грунта. Сцепление (c) относится к прочности и преобладает в глинистых грунтах. Угол внутреннего трения (φ) относится к прочности, полученной от внутреннего сопротивления трения и преобладает в несвязных грунтах.

Параметры сопротивления сдвигу c и φ могут быть определены путем проведения лабораторных испытаний: прямого сдвига, компрессионного испытания и трехосного испытания. Компрессионное испытание может быть использовано для определения только связных грунтов, в то время как испытание прямым сдвигом и трехосное испытание могут быть использованы для определения и связных, и несвязных грунтов.

3.1.1. Сопротивление сдвигу несвязных грунтов

Несвязные грунты также известны как непластичные или зернистые. Непластичные грунты включают в себя гравий, песок, ил и горные породы. Они проявляют сопротивление сдвигу из-за трения и сопротивления между

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

отдельными частицами грунта. Там нет сцепления, действующего между частицами, таким образом, $c = 0$ и уравнение (3.1) переходит в:

$$s = \sigma \tan \varphi \quad (3.3)$$

Поскольку по большей части результаты сопротивления сдвигу несвязных грунтов связано с сращением частиц, то значение φ мало отличается во влажном и сухом грунте. Было установлено, что φ' лишь на 1-2 градуса ниже, чем φ в сравнении с эффективным углом внутреннего трения φ' при прямом сопротивлении сдвигу в водонасыщенных несвязных грунтах и в тех же грунтах в сухом состоянии.

Иными словами, угол внутреннего трения φ является параметром, который указывает на то, насколько сильны несвязные грунты будут тогда, когда подвергнуться воздействию сопротивления сдвигу. Чем выше значение φ , тем выше сопротивление сдвигу несвязных грунтов.

3.1.2. Сопротивление сдвигу связных грунтов

Типичными видами сцепленных грунтов являются ил и глина. Сопротивление сдвигу связного грунта гораздо сложнее, чем сопротивление сдвигу несвязных грунтов.

Оно связано с содержанием воды в нем, минеральным составом грунта, а также историей напряжений испытываемого грунта в прошлом (т.е., будь то нормально уплотненные или более консолидированные). Сопротивление сдвигу связного грунта, также может отличаться в зависимости от того, является ли образец ненарушенным.

Кроме того, одним из важных аспектов при оценке сопротивления сдвигу связных грунтов является дренированное состояние. Это обусловлено тем, что большая часть глин близка к насыщению в их естественном состоянии и с их относительно низкой водопроницаемостью, как правило, задерживают дренирование поровой влаги, которая пытается произойти во время сдвига.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Соппротивление сдвигу связного грунта, как правило, можно разделить на три основные группы:

1) Недренированное сопротивление сдвигу, известное также как сопротивление сдвигу на основе анализа полного напряжения. Там нет никаких изменений содержания воды в грунте во время испытания.

2) Дренированное сопротивление сдвигу, также известное как сопротивление сдвигу на основе анализа эффективного напряжения. Содержание воды в грунте может изменяться во время испытания.

3) Остаточное дренированное сопротивление сдвигу, которое осталось после того, как значительная часть деформации произошла.

3.2.Изучение полного и эффективного напряжений

Когда грунт срезается под нагрузкой или приложенным напряжением, вырабатывается избыточное поровое давление, которое может уйти или не уйти в зависимости от водопроницаемости осадка и отведенного времени. Поэтому с точки зрения эксперимента (трехосного испытания), анализ полного напряжения (недренированный сдвиг) или анализ эффективного напряжения (дренированный сдвиг) может быть применен к грунту.

Анализ полного напряжения используется при недренированном сопротивлении сдвигу только для связного грунта. Он часто используется для оценки фундамента и дамб, которые будут поддерживаться связным грунтами. Фактический анализ выполняется для быстрой загрузки или разгрузки, часто встречающихся на этапе строительства или только в конце строительства. Этот анализ применим к полевым испытаниям, когда происходит изменение в сопротивлении сдвигу, которое происходит так быстро, что сцепленный грунт не успевает консолидироваться, или в случае сильной консолидации связного грунта, отрицательное поровое давление в воде не успевает вовремя рассеяться. По этой причине, анализ полного напряжения также известен как краткосрочный анализ. В анализе полного

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжения используется общий вес единицы грунта, а также не учитывается расположение грунтовых вод.

Кроме того, анализ полного напряжения также применим, когда происходит внезапное изменение состояния нагрузки связного грунта. Например, быстрая просадка резервуара, который вызывает сдвиговые напряжения на глинистом стержне дамбы, ветер или землетрясение,нагружение которых оказывает сжатие или растяжение силы на сваях, поддерживаемых глинистыми толщами.

Для анализа эффективного напряжения, используется дренированный сдвиг параметров прочности (c и ϕ). В основном, альтернативный анализ несвязных грунтов определяется с использованием анализа эффективного напряжения.

Параметры эффективного напряжения сопротивления сдвигу используются для всех долгосрочных анализов, где условия являются относительно постоянными. Примеры включают долгосрочную устойчивость склонов, дамб, земляных несущих конструкций, а также несущую способность фундаментов для несвязного и связного грунта. Кроме того, анализ эффективного напряжения используется для любой ситуации, когда поровое давление воды, вынужденные нагрузки можно оценить или измерить.

3.3.Трехосное сжатие неконсолидированно-недренированного грунта

Трехосное испытание используется для определения характеристик напряженно-деформированного сопротивления грунтов при дренированных или недренированных условиях.

Существуют три основных типа трехосных испытаний, которые помечены как НН, КН, и КД. Первая буква, Н или К, относится к стадии консолидации: грунт консолидированный или неконсолидированный. Вторая буква, Н или Д, относится к состоянию дренажа во время сдвига и делится на дренированное и недренированное.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Неконсолидированно-недренированное испытание осуществляется путем размещения образца в камере и введения бокового давления без закрепления образца. Затем применяется осевая нагрузка без учета дренирования образца.

Цель данного испытания состоит в измерении сопротивления сдвигу грунта при том же содержании воды, что и в поле. Образцы грунта не должны высыхать или поглощать воду с того времени, как они отобраны и до испытания. Уплотненные образцы должны быть получены при содержании влаги полевых условий. Сопротивление уплотненных глин будет уменьшаться с уменьшением плотности и увеличением содержания воды. Испытательные образцы должны быть уплотнены до самой низкой плотности и самого высокого содержания воды в соответствии со спецификацией, чтобы гарантировать, что сила в поле не будет ниже, чем измеренная в лабораторных условиях.

Тесты обычно выполняются на ненарушенных насыщенных образцах мелкозернистых грунтов (глины, ила или торфа) для измерения на месте недренированного сопротивления. Результаты испытаний НН процедуры загрузки всегда построены на полном напряжении. Таким образом, сопротивление сдвигу выражается полным напряжением, используя c и ϕ . Поровое давление воды не измеряется.

НН тест обычно известен как недренированное сопротивление сдвигу (s_u) тест с параметрами c_u , ϕ_u . Идеальное недренированное условие насыщенного состояния дает преимущественно значения c_u , в то время как ϕ_u равен нулю. Это означает, что на диаграмме Мора его касательная почти параллельна оси x и пересекает ось y , что дает значение c_u .

3.4. Влияние изменения содержания воды на сопротивление

Вода является составной частью грунта, и ее присутствие может находиться в диапазоне от практически нуля до насыщения. Последний случай происходит, когда пустое пространство грунта полностью заполнено

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

водой. Когда пустоты только частично заполнены водой, грунт называется частично насыщенным. Любые характеристики грунта и инженерное поведение сильно зависят от содержания воды в нем. Это особенно касается мелкозернистых грунтов.

Степень водонасыщения (S_r) представляет собой отношение (выраженное в процентах) объема воды к объему пустот.

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} * 100\% \quad (3.4)$$

Содержание воды (W) определяется отношением (выраженным в процентах) веса воды к весу грунта или отношением массы воды к массе грунта.

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100\% = \frac{M_w}{M_s} * 100\% \quad (3.5)$$

По словам зарубежных ученых, грунт с влажностью вблизи его предела текучести будет вести себя больше как жидкость, чем как твердое вещество, и такой грунт будет иметь низкое сопротивление.

Из вышесказанного видно, что содержание воды в грунте оказывает большое влияние на сопротивление сдвигу грунта. Это может быть проиллюстрировано на рисунке 3.1. Когда вода полностью окружает все частички и не дает соприкосновению соседних частиц, трение уменьшается, и, таким образом, сопротивление сдвигу уменьшается.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

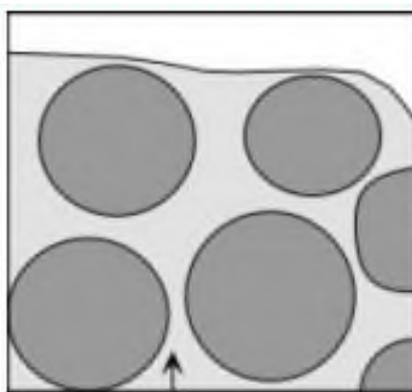


Рисунок 3.1– Окружение водой частиц грунта

Тем не менее, очевидно, что когда насыщенный грунт загружен, поровое давление воды будет развиваться. В нагрузке трехосного типа, поровое давление воды усилится, но фактическая величина будет зависеть от типа грунта, истории напряжений, скорости нагружения и условия дренажа.

Часто возникает необходимость оценить, как сильно развивается избыточное поровое давление воды при недренированном сдвиге из-за изменения совокупности напряжений. Изменения напряжения могут быть или гидростатические, или негидростатические. Поровое давление воды реагирует на изменения в полном напряжении и может быть выражено через коэффициент порового давления, который обозначается как B (уравнение. 2.6). Коэффициент B порового давления выражает увеличение давления пор в недренированной нагрузке за счет увеличения гидростатического давления.

$$\frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} = \quad (3.6)$$

где Δu – изменение порового давления

$\Delta \sigma_3$ - изменение давления в камере

Если грунт полностью водонасыщен, то $C_v = C_w$, и для большинства грунта C_w / C_{sk} практически = 0, так как сжимаемость воды C_w мала по отношению к C_{sk} . Поэтому для водонасыщенных грунтов $B=1$. Если грунт сухой, то отношение C_v / C_{sk} стремится к бесконечности, следовательно $B = 0$.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Частично насыщенный грунт имеет значение V в диапазоне от 0 до 1. Т.к. в общем случае C_v и C_{sk} являются нелинейными, соотношение между V и степенью водонасыщения S так же являются нелинейными. Эти отношения будут зависеть от типа грунта и уровня напряжения, а точные отношения должны быть определены экспериментально.

Из всего вышесказанного видно, что воздействие воды на грунт очень важно учитывать при изучении геотехники. Мелкозернистый грунт значительно ослаблен при высоком содержании воды. Таким образом, этот фактор должен быть рассмотрен в большинстве инженерных геотехнических задач и проектирования фундамента.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Проведение трехосного испытания по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

4.1. Общие сведения

Это испытание направлено на исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига, полученного из трехосного сжатия.

Для этого исследования были взяты образцы грунта из шурфа, располагающегося на строительной площадке по адресу: г. Пенза, ул. Центральная, 1. Трехосные испытания по схеме неконсолидированно-недренированного (НН) сдвига были проведены в лаборатории на образцах с различной степенью водонасыщения для получения оценки прочности грунта. Четыре группы образцов включали в себя два образца с 95% степенью водонасыщения, три образца с 90% степенью водонасыщения, трех образцов с 70% степенью водонасыщения и трех образцов, которые были протестированы с 40% степенью водонасыщения. Испытание проводилось в соответствии ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости». Размер каждого образца равен 76 мм в длину и 38 мм в диаметре.

На рисунке 4.1 показана блок-схема методология исследования.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

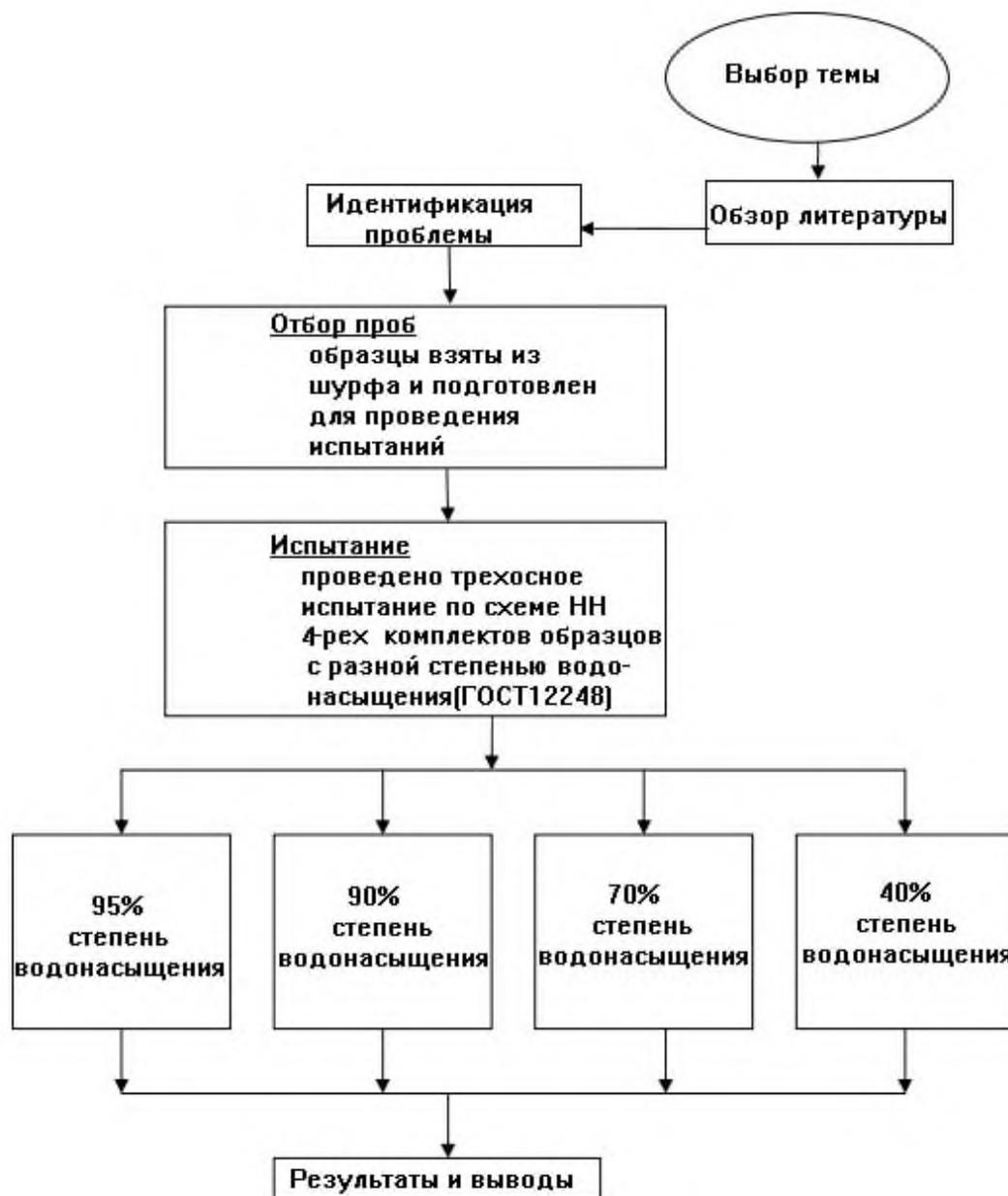


Рисунок 4.1 – Блок-схема методологии исследования

4.2. Отбор проб

Для определения сопротивления недренированному сдвигу грунта, полученного из трехосных испытаний, образец грунта был взят из шурфа, по адресу: г. Пенза, ул.Центральная,1. Так как полученный образец грунта был нарушен, в лаборатории снова прошел отбор проб.

Рисунок 4.2 показывает форму, которая была использована для подготовки образца, а устройство, которое была использовано для сжатия образца до необходимой степени уплотнения показано в разделе 1.4.2.



Рисунок 4.2 – Прессформа для подготовки образца грунта

4.3. Проведение испытания

Это испытание было проведено с целью определения параметров сопротивления сдвигу образца грунта и определения взаимосвязи между степенью водонасыщения и параметра сопротивления сдвигу. Образец грунта 38мм диаметром и высотой 78 мм был испытан в приборе трехосного сжатия. Испытания проводились на множестве аналогичных образцов, подвергнутых различным ограничивающим давлениям.

В тесте НН, есть две стадии: стадия водонасыщения для получения различной степени водонасыщенности и стадия ступенчатого сжатия.

Стадия 1- Водонасыщение: В соответствии с ГОСТ 12248-2010, цель стадии водонасыщения заключается в том, чтобы гарантировать, что все пустоты заполнены водой. Это часто достигается путем увеличения порового давления в образце до достаточно высокого уровня, для того чтобы вода поглотила весь воздух из пустот.

В этом испытании водонасыщение происходит при поочередном постепенном увеличении давления в камере и обратного давления. Степень водонасыщения оценивали путем определения величины

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

коэффициента порового давления V . Он выражает увеличение порового давления в недренированной нагрузке за счет увеличения давления в камере. Для водонасыщенных грунтов $V = 1$ и $V = 0$ для сухих грунтов. Частично водонасыщенные грунты имеют значения V в диапазоне от 0 до 1.

Стадия 2 - Сжатие: на этой стадии, давление в камере поддерживалось постоянным, в то время как к образцу прикладывали вертикальную нагрузку с постоянной скоростью до тех пор, пока не произошло разрушение образца.

Испытание проводилось для четырех комплектов образцов с разной степенью водонасыщения. Первый был испытан с $S_r = 0,95$, второй с $S_r = 0,90$, третий - $S_r = 0,7$, и последний - $S_r = 0,4$.

4.4. Анализ результатов испытания

Для определения характеристик прочности грунтов по вычисленным значениям была построен график зависимости относительной вертикальной деформации от девиатора напряжений на основе полученных тестовых данных. Девиатор напряжения может быть вычислен как:

$$\Delta\sigma_1 = \frac{P}{A'} \quad (4.1)$$

где $\Delta\sigma_1$ - девиатор напряжений

P – осевое усилие

A' – площадь поперечного сечения образца

Все результаты испытаний, состоящие из каждой новой начальной загрузки, были построены на одних осях, как показано на рисунке 4.3.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 4.3 – График зависимости относительной вертикальной деформации от девиатора напряжений

Для трехосных испытаний, максимальное главное напряжение было вычислено как:

$$= + \Delta \quad (4.2)$$

Значения, соответствующие моменту были построены кругами Мора.

Неконсолидированно-недренированное испытание дает результаты сопротивления недренированному сдвигу с параметрами сдвига c_u , φ_u . Идеальным недренированным условием водонасыщенного состояния дает преимущественно значение c_u , тогда φ_u будет равен нулю. Таким образом, получается круг Мора от НН испытаний, его касательной будет прямая линия, почти параллельная оси X и пересекающая ось Y, для получения значения c_u . На рисунке 4.4 показаны круги Мора трех наборов образцов НН испытаний.

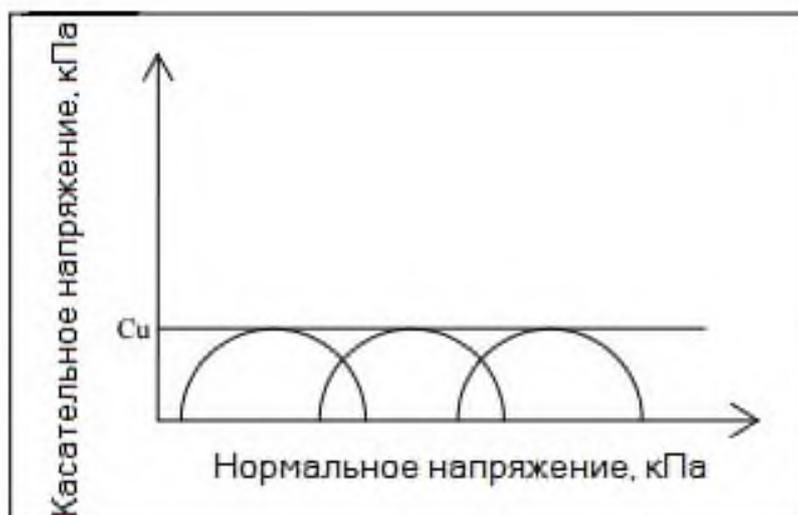


Рисунок 4.4 – Круги Мора по данным испытаний

Взаимосвязь степени водонасыщения от сопротивления сдвигу: чем выше степень водонасыщения (содержание воды), тем ниже предел прочности. Отношение может быть представлено в виде графика зависимости касательного напряжения от степени водонасыщения рисунок 4.5.

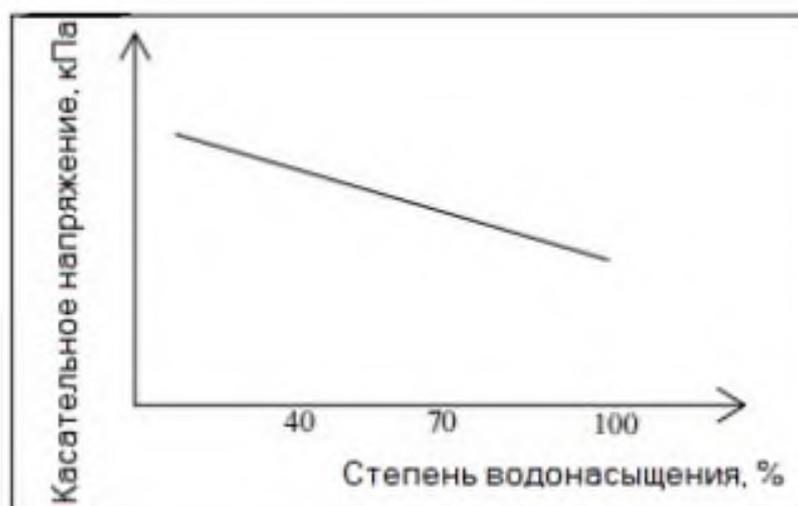


Рисунок 4.5 – Зависимость касательного напряжения от степени водонасыщения

5. Результаты проведенных испытаний

5.1. Общая характеристика

Для получения параметров инженерных характеристик грунта были проведены несколько лабораторных испытаний. Параметры включают в себя: тип грунта, удельный вес, ограничение жидкости, предел пластичности и плотность сухого грунта. Основные свойства и классификация грунта приведены в таблице 5.1.

Знание удельного веса необходимо при расчете свойств грунта, таких как коэффициент пористости, степень водонасыщения и соотношение вес-объем. Среднее значение удельной величины силы тяжести для грунта представленного в исследовании 2,63 и находится в пределах диапазона типичных значений удельной плотности, которые составляют от 2,60 до 2,72.

Исследуемый грунт содержит 0% гравия, 33% песка, 34% ила и 33% глины. Предел жидкости, предел пластичности и индекс пластичности для грунта этой местности составляют 59,3%, 31,9% и 27,4 соответственно.

Таблица 5.1

Основные свойства и классификация испытываемого грунта

	Параметры	Результаты
Показатели свойств	Плотность минер. частиц грунта (Gs)	2.63
	Плотность сухого грунта(ρ_d)	1365 кг/м ³
Состав и Распределение	Гравий	0%
	Песок	33%
	Ил	34%
	Глина	33%
Границы Аттерберга	Граница текучести (LL)	59.3%
	Граница пластичности (PL)	31.9%
	Число пластичности (PI)	27.4
Классификация	Ил с высокой пластичностью	

5.2. Результаты трехосных испытаний

Многие образцы грунта из шурфа, располагающемся на территории компании Геотек по адресу: г. Пенза, ул.Центральная,1 были подготовлены для запуска четырех наборов испытаний с использованием трехосного устройства. Каждый образец грунта имеет длину 76 мм и диаметр 38 мм. Тем не менее, из-за технической проблемы, подготовки образцов и трехосного аппарата, только 11 образцов были успешно испытаны. Есть два образца с 95% степенью водонасыщения, три образца с 90% степенью водонасыщения, три образца с 70% степенью водонасыщения, а также три образца с 40% степенью водонасыщения.

Результаты, полученные из трехосных испытаний по неконсолидированно-недренированной схеме (НН) были использованы для анализа параметров сопротивления неконсолидированному сдвигу грунта из путем определения величины c_u и ϕ_u .

Для первого набора образцов, образец а, с 95% степенью водонасыщения, два образца пробы грунта были успешно испытаны. Первый образец 1а прессовали в трехосном аппарате с давлением внутри камеры 320 кПа, в то время как образец 2а с давлением внутри камеры 300 кПа. Это давление поддерживалось постоянным, в то время как к образцам прикладывалась вертикальная нагрузка с постоянной скоростью осевой деформации до тех пор, пока происходил сбой. Детальные результаты трехосных испытаний для первого набора образцов прилагается в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

Другой набор образцов, образцы б, состоящие из трех образцов проб грунта с 90% степенью водонасыщения. Образцы контролировались в стадии водонасыщения с использованием противодействия и давления в камере для того, чтобы получить 90% от степени водонасыщения. Образцы грунтов 1б, 2б и 3б были сжаты в трехосном аппарате с постоянным давлением внутри камеры 25 кПа, 50 кПа и 75 кПа соответственно. Детальные результаты

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

трехосных испытаний для второго набора образцов прилагается в ПРИЛОЖЕНИИ В.

Для образцов с 70% степенью водонасыщения, образцы с, состоящие из трех были успешно испытаны. Так же, как предыдущий набор образцов, они контролировались в стадии водонасыщения с использованием противодавления и давления в камере, для получения требуемой степени водонасыщения. На следующей стадии образцы 1с, 2с и 3с были сжаты в трехосном аппарате с постоянным давлением внутри камеры 148.2 кПа, 45.2 кПа и 50 кПа. В ПРИЛОЖЕНИИ Г приведены результаты трехосных испытаний для третьего набора образцов с 70% степенью водонасыщения.

Для испытаний с 40% степенью водонасыщения (образцы d) 3 образца также успешно прошли испытания. Для достижения требуемой водонасыщенности, использовалась та же схема, что и для предыдущих наборов образцов. После ее достижения, к образцам 1d, 2d и 3d прикладывалась нагрузка с постоянным давлением внутри камеры 149.2 кПа, 99.7 кПа и 98.6 кПа до тех пор, пока не произошел сбой. Результаты детальных трехосных испытаний для этих образцов приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

Результаты, полученные из трехосных испытаний были представлены на графике девиаторных напряжений от осевой деформации для того, чтобы получить кривую зависимости деформации от напряжений. На рисунке 5.1 показан график девиаторных напряжений для образца с, с 70% степенью водонасыщения.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

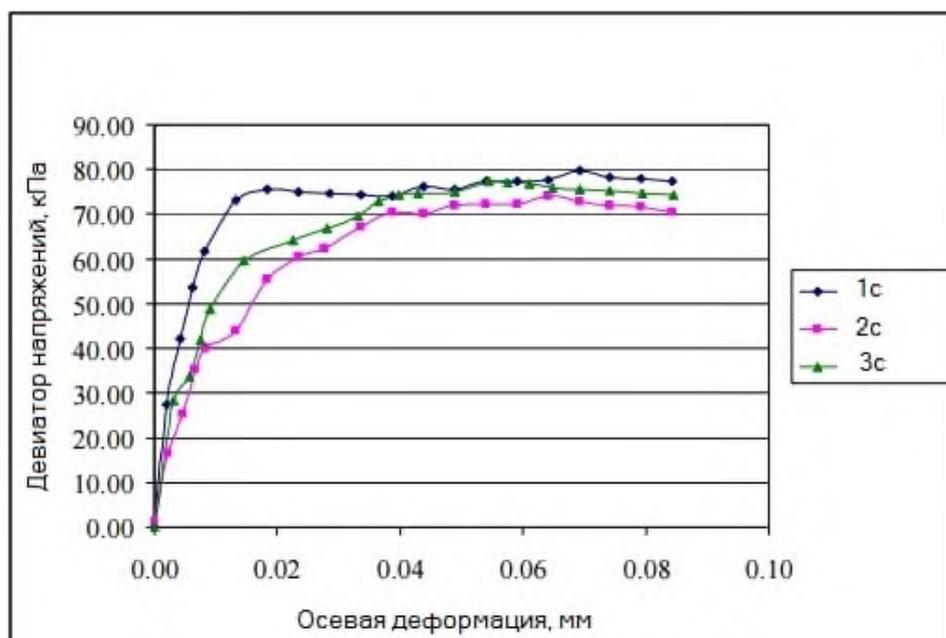


Рисунок 5.1 – График девиаторных напряжений для образца с, с 70% степенью водонасыщения.

Из графика получаем максимальное значение приращения напряжений. Таблица 5.2 показывает максимальное значение для четырех наборов образцов с различной степенью водонасыщения.

Таблица 5.2

Максимальный девиатор напряжения для каждого образца

Образец	Максимальный девиатор напряжения (кПа)		
	1	2	3
a (Sr= 95%)	40.77	39.52	-
b (Sr= 90%)	48.39	44.13	42.69
c (Sr= 70%)	78.98	73.28	76.70
d (Sr= 40%)	100.48	90.29	97.06

При максимальном значении приращения напряжений ($\Delta\sigma_1$) и давления в камере (σ_3), было вычислено максимальное главное напряжение. Эти значения были построены в виде кругов Мора. Результаты нескольких испытаний были нанесены так, как наилучшим образом подходит для получения параметров сопротивления недренированному сдвигу. На рисунке 5.2 показан график кругов Мора, полученный из испытания для образца с. Круги Мора для других образцов были прикреплены в ПРИЛОЖЕНИИ Ж.

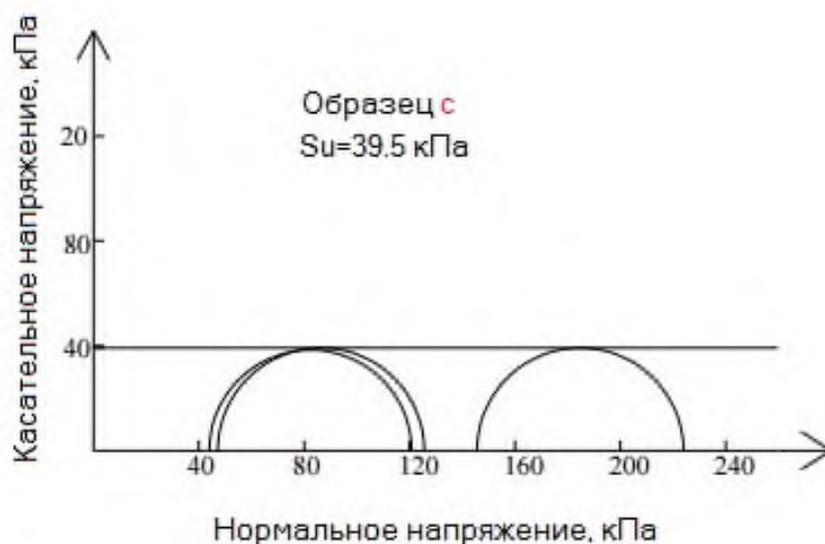


Рисунок 5.2 - График кругов Мора

5.3. Оценка влияния степени водонасыщения на сопротивление сдвигу

Из теста НН, было получено сопротивление недренированному сдвигу исследуемого грунта с разной степенью водонасыщения. Зависимость между сопротивлением сдвигу и степенью водонасыщения грунта определяли и выражали на графике, чтобы получить уравнение кривой. На рисунке 5.3 показан график зависимости сопротивления недренированному сдвигу от степени его водонасыщения.

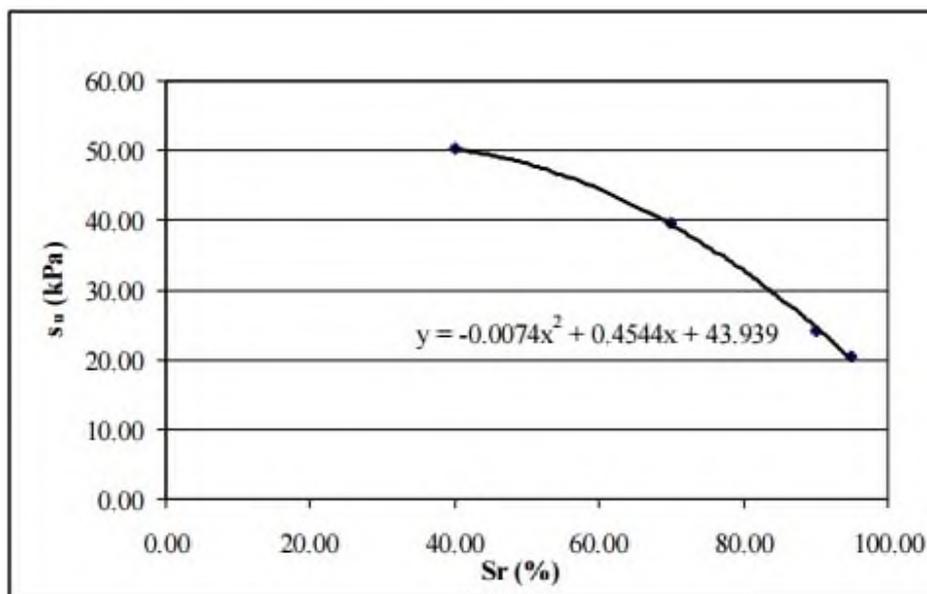


Рисунок 5.3 - График зависимости сопротивления недренированному сдвигу от степени его водонасыщения

Получившееся уравнение кривой выглядит так:

$$y = -0,0074x^2 + 0,4544 x + 43,939.$$

Кроме того связь сопротивления недренированному сдвигу от степени его водонасыщения грунта анализировали, используя уравнение 5.1 для определения содержания воды в грунте.

$$\cdot = \cdot \quad (5.1)$$

где

Sr – степень водонасыщения

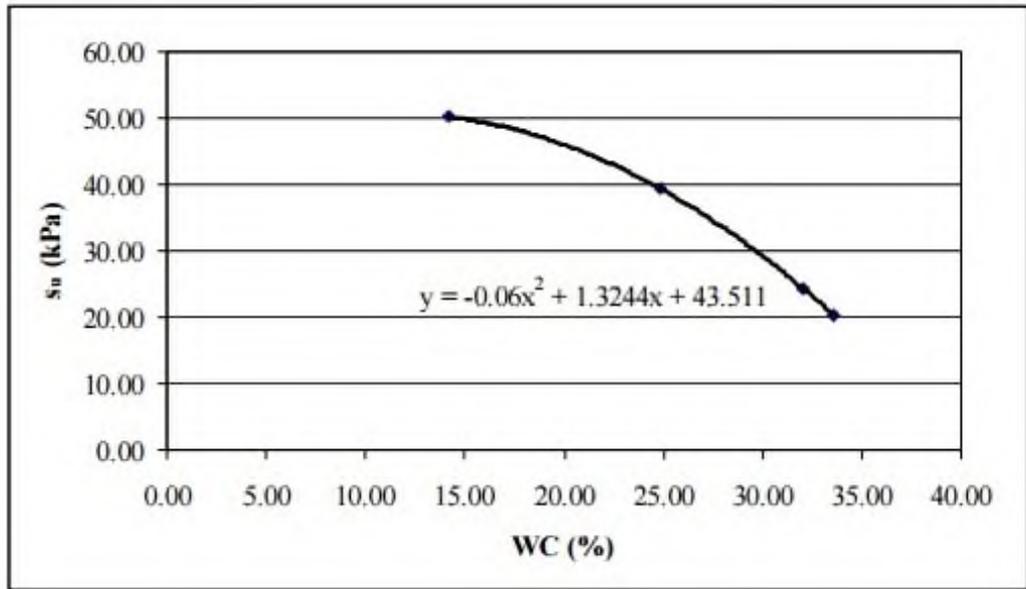
G_s – плотность минеральных частиц грунта

w – содержание воды

e – коэффициент пористости

На рисунке 5.4 показан график зависимости, который иллюстрирует связь между сопротивлением сдвигу и содержанием воды в исследуемом грунте. Рассчитанное уравнение выборки из кривой линии:

$$y = -0.06x^2 + 1,3244 x + 43,511$$



Рисунке 5.4 - График зависимости сопротивления сдвигу от содержания воды

Заключение

Серия трехосных испытаний по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига проводилась с целью изучения влияния степени водонасыщения на сопротивление грунта недренированному сдвигу.

Результаты испытаний показали существенное изменение прочности при различной степени водонасыщения. В ПРИЛОЖЕНИИ А показаны значения сопротивления сдвигу, степени водонасыщения, и содержания влаги для каждого образца, которые были испытаны в устройстве трехосного сжатия по схеме НН.

Ссылаясь на результаты трехосных испытаний, приведенных в ПРИЛОЖЕНИИ А и проложенный график на рисунке 5.3, можно увидеть уменьшение сопротивления сдвигу за счет увеличения степени водонасыщения. Он уменьшается на 21,3% по сравнению с 50.2кПа до 39.5 кПа, когда его степень водонасыщения возрастает с 40% до 70%. Когда степень водонасыщения увеличивается до 90%, сопротивление сдвигу уменьшается около 38,7% до 24.2 кПа. Сопротивление сдвигу будет падать до 20.4 кПа, когда степень водонасыщения возрастает до 95%, и оно снижается около 15,7%. Таким образом, из результата лабораторного испытания, можно сделать вывод, что чем выше степень водонасыщения в грунте, тем меньше сопротивление сдвигу грунта.

С другой стороны, содержание влаги прямо пропорционально степени водонасыщения грунта. Таким образом, когда содержание воды в грунте увеличивается, снижается сопротивление сдвигу грунта.

И, наконец, из лабораторных исследований, можно резюмировать, что чем более водонасыщен грунт, тем больше он будет ослабевать.

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Список использованных источников

1)ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости – М.: Стандартинформ, 2012.

2) НПП Геотек. Системы и приборы для испытаний[Электронный ресурс] //НПП Геотек. Системы и приборы для испытаний.2015.URL: <http://npp-geotek.ru/>

3)Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. – Пенза: ПГУАС, 2008.

4) Болдырев, Г.Г. Автоматизированная система для механических испытаний образцов грунта [Текст] / Г.Г. Болдырев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1991.

5)Булычев, В.Г. Физико"механические свойства грунтов и методы их определения [Текст] / В.Г. Булычев. – М.: Стройиздат, 1940

6) Медков, Е.И. Новый прибор для испытания грунтов при трехосном сжатии [Текст] / Е.И. Медков // Гидротехническое строительство. – 1952.

7)Руководство по лабораторному определению физико"механических характеристик грунтов при устройстве оснований сооружений [Текст]. – М.: Госстройиздат, 1956.

8) ГОСТ 26.203-81. Комплексы измерительно-вычислительные. Признаки классификации. Общие требования (с Изменениями N 1, 2)

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица

Обобщение данных, полученных из неконсолидированно недренированных испытаний

Образцы	Степень водонасыщения (%)	Содержание воды (%)	S_u (кПа)
a	95	33,6	20,4
b	90	32,0	24,2
c	70	24,8	39,5
d	40	14,2	50,2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «а» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец №: 1а

Образцы:

Диаметр (мм):	38	Масса(г):	158,9
Площадь (мм²):	1134,11	Плотность(кг/м³):	1834,17
Длина (мм):	76		
Объем (мм³):	86191,6		
Содержание влаги (%):	33,6		

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2 **Давление в камере(кПа):** 320

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.01	0.00	6.92	1134.28	6.10
0.17	0.00	20.16	1136.63	17.74
0.33	0.00	30.07	1139.03	26.40
0.49	0.01	36.07	1141.40	31.60
0.61	0.01	36.08	1143.29	31.56
1.03	0.01	43.00	1149.69	37.40
1.41	0.02	43.00	1155.55	37.21
1.80	0.02	43.00	1161.62	37.02
2.18	0.03	45.11	1167.60	38.63
2.57	0.03	46.51	1173.80	39.62
2.96	0.04	48.82	1180.07	41.37
3.34	0.04	48.82	1186.24	41.16
3.73	0.05	48.82	1192.64	40.93
4.11	0.05	48.11	1198.95	40.13
4.49	0.06	48.11	1205.32	39.91
4.88	0.06	48.11	1211.93	39.70
5.27	0.07	46.73	1218.61	38.35
5.68	0.07	46.73	1225.72	38.12
6.03	0.08	46.73	1231.85	37.93
6.41	0.08	45.11	1238.57	36.42

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(продолжение)

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «а» по
схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец №: 2а

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 159,16

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1846,57

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 33,6

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 300

Сжатие образца ΔL (мм)	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.01	0.00	4.78	1134.26	4.21
0.09	0.00	17.00	1135.45	14.97
0.17	0.00	20.00	1136.65	17.60
0.37	0.00	27.00	1139.66	23.69
0.44	0.01	29.00	1140.71	25.42
0.64	0.01	29.00	1143.74	25.36
1.01	0.01	32.00	1149.38	27.84
1.34	0.02	36.08	1154.47	31.25
1.76	0.02	38.25	1161.00	32.95
2.12	0.03	43.21	1166.65	37.04
2.46	0.03	43.21	1172.05	36.87
2.77	0.04	47.22	1177.01	40.12
3.18	0.04	47.22	1183.64	39.89
3.64	0.05	46.52	1191.16	39.05
4.07	0.05	46.52	1198.28	38.82
4.58	0.06	45.33	1206.84	37.56
4.96	0.07	45.33	1213.29	37.36
5.37	0.07	45.33	1220.34	37.15
5.73	0.08	45.33	1226.59	36.96
6.11	0.08	43.18	1233.26	35.01

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017

Лист

80

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «b» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 1b

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 154

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1786,7

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 25

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.16	0.00	4.51	1136.46	3.97
0.31	0.00	15.94	1138.82	13.99
0.47	0.01	21.05	1141.19	18.44
0.63	0.01	24.06	1143.56	21.04
1.10	0.01	31.57	1150.79	27.44
1.40	0.02	36.08	1155.38	31.23
1.79	0.02	39.99	1161.39	34.44
2.17	0.03	45.11	1167.45	38.64
2.56	0.03	46.01	1173.58	39.20
2.94	0.04	48.11	1179.77	40.78
3.33	0.04	51.12	1186.03	43.10
3.71	0.05	54.13	1192.36	45.39
4.10	0.05	55.03	1198.75	45.90
4.48	0.06	57.13	1205.22	47.40
4.87	0.06	59.48	1211.75	49.09
5.26	0.07	59.48	1218.35	48.82
5.64	0.07	58.64	1225.03	47.87
6.03	0.08	58.02	1231.78	47.10
6.41	0.08	58.02	1238.60	46.84
6.80	0.09	58.02	1245.51	46.58

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(продолжение)

**Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «b» по
схеме неконсолидированно-недренированного сдвига**

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010**Образец№:** 2b**Образцы:****Диаметр (мм):** 38**Масса(г):** 155**Площадь (мм²):** 1134,11**Плотность(кг/м³):** 1798,3**Длина (мм):** 76**Объем (мм³):** 86192,36**Содержание влаги (%):** 32**Сжатие:****Мембранная толщина (мм):** 0,2**Давление в камере(кПа):** 50

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.90	1134.11	0.80
0.16	0.00	12.03	1136.46	10.58
0.31	0.00	15.94	1138.82	13.99
0.71	0.01	15.04	1144.87	13.13
1.10	0.01	21.95	1150.76	19.08
1.49	0.02	27.06	1156.71	23.40
1.87	0.02	30.07	1162.73	25.86
2.26	0.03	33.08	1168.81	28.30
2.64	0.03	38.49	1174.95	32.76
3.03	0.04	39.09	1181.16	33.10
3.41	0.04	42.10	1187.43	35.45
3.80	0.05	43.00	1193.77	36.02
4.18	0.06	45.11	1200.18	37.58
4.57	0.06	46.61	1206.66	38.63
4.96	0.07	48.11	1213.21	39.66
5.34	0.07	51.12	1219.83	41.91
5.73	0.08	55.35	1226.52	45.13
6.11	0.08	55.35	1233.29	44.88
6.50	0.09	54.13	1240.13	43.65
6.88	0.09	54.13	1247.05	43.41
7.27	0.10	54.02	1254.04	43.08

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017		<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			82

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(продолжение)

**Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «b» по
схеме неконсолидированно-недренированного сдвига**

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010**Образец№:** 3b**Образцы:****Диаметр (мм):** 38**Масса(г):** 156**Площадь (мм²):** 1134,11**Плотность(кг/м³):** 1809,91**Длина (мм):** 76**Объем (мм³):** 86192,36**Содержание влаги (%):** 32**Сжатие:****Мембранная толщина (мм):** 0,2**Давление в камере(кПа):** 75

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.01	0.00	0.90	1134.32	0.80
0.17	0.00	4.51	1136.67	3.97
0.33	0.00	6.01	1139.03	5.28
0.49	0.01	6.92	1141.40	6.06
0.64	0.01	6.92	1143.75	6.05
1.04	0.01	13.53	1149.82	11.77
1.41	0.02	24.96	1155.61	21.60
1.80	0.02	31.57	1161.61	27.18
2.18	0.03	35.48	1167.68	30.39
2.57	0.03	36.99	1173.81	31.51
2.96	0.04	39.99	1180.01	33.89
3.34	0.04	43.00	1186.27	36.25
3.73	0.05	43.01	1192.60	36.06
4.11	0.05	49.01	1198.99	40.88
4.50	0.06	49.01	1205.46	40.66
4.88	0.06	51.12	1211.99	42.18
5.27	0.07	53.00	1218.60	43.49
5.65	0.07	53.00	1225.28	43.26
6.04	0.08	52.02	1232.03	42.22
6.43	0.08	52.02	1238.86	41.99
6.81	0.09	52.01	1245.76	41.75

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			83

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «с» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 1с

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 160,4

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1860,95

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 148,2

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.16	0.00	30.97	1136.46	27.25
0.31	0.00	48.11	1138.82	42.25
0.47	0.01	61.04	1141.19	53.49
0.63	0.01	70.66	1143.56	61.79
1.01	0.01	84.20	1149.44	73.25
1.40	0.02	87.20	1155.38	75.48
1.79	0.02	87.20	1161.39	75.09
2.17	0.03	87.20	1167.45	74.70
2.56	0.03	87.20	1173.58	74.31
2.94	0.04	87.20	1179.77	73.91
3.33	0.04	90.21	1186.03	76.06
3.71	0.05	90.21	1192.36	75.66
4.10	0.05	92.62	1198.75	77.26
4.48	0.06	93.22	1205.22	77.34
4.87	0.06	94.12	1211.75	77.67
5.26	0.07	97.20	1218.35	79.78
5.64	0.07	96.00	1225.03	78.37
6.03	0.08	96.00	1231.78	77.94
6.41	0.08	96.00	1238.60	77.51

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(продолжение)

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «с» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 2с

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 157,75

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1830,21

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 50

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	1.50	1134.11	1.32
0.16	0.00	18.95	1136.50	16.67
0.35	0.00	28.65	1139.36	25.15
0.51	0.01	40.05	1141.77	35.08
0.64	0.01	45.62	1143.74	39.89
1.01	0.01	50.36	1149.44	43.81
1.40	0.02	64.00	1155.38	55.39
1.79	0.02	70.19	1161.39	60.44
2.10	0.03	72.59	1166.34	62.24
2.56	0.03	78.65	1173.58	67.02
2.94	0.04	83.12	1179.77	70.45
3.33	0.04	83.26	1186.03	70.20
3.71	0.05	85.60	1192.36	71.79
4.10	0.05	86.50	1198.75	72.16
4.48	0.06	87.21	1205.22	72.36
4.87	0.06	89.65	1211.75	73.98
5.26	0.07	88.90	1218.35	72.97
5.64	0.07	88.31	1225.03	72.09
6.03	0.08	88.25	1231.78	71.64
6.41	0.08	87.12	1238.60	70.34

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(продолжение)

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «с» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 3с

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 158,33

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1836,94

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 50

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.24	0.00	32.12	1137.70	28.23
0.43	0.01	38.45	1140.56	33.71
0.57	0.01	47.69	1142.68	41.74
0.69	0.01	55.98	1144.50	48.91
1.11	0.01	68.52	1150.92	59.54
1.71	0.02	74.56	1160.21	64.26
2.13	0.03	77.89	1166.81	66.75
2.53	0.03	81.56	1173.16	69.52
2.78	0.04	85.69	1177.17	72.79
3.03	0.04	87.79	1181.20	74.32
3.26	0.04	88.54	1184.94	74.72
3.71	0.05	89.51	1192.31	75.07
4.14	0.05	92.78	1199.45	77.35
4.38	0.06	92.78	1203.47	77.09
4.64	0.06	92.78	1207.85	76.81
4.92	0.06	92.00	1212.61	75.87
5.26	0.07	92.00	1218.44	75.51
5.64	0.07	92.00	1225.02	75.10
6.03	0.08	92.00	1231.85	74.68
6.42	0.08	92.00	1238.75	74.27

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «d» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 1d

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 158,52

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1839,14

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 149,2

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.01	0.00	0.00	1134.32	0.00
0.17	0.00	2.41	1136.67	2.12
0.33	0.00	3.01	1,39.03	2.64
0.49	0.01	7.52	1141.40	6.59
0.64	0.01	34.58	1143.78	30.23
1.03	0.01	108.11	1149.66	94.03
1.80	0.02	115.77	1161.61	99.66
2.18	0.03	115.77	1167.68	99.15
2.57	0.03	116.67	1173.81	99.40
2.96	0.04	117.27	1180.01	99.38
3.34	0.04	117.27	1,86.27	98.86
3.73	0.05	118.18	1,92.60	99.09
4.11	0.05	118.78	1198.99	99.06
4.50	0.06	119.68	1205.46	99.28
4.88	0.06	122.63	1211.99	101.18
5.27	0.07	122.63	1218.60	100.63
5.65	0.07	122.63	1225.28	100.08
6.04	0.08	122.63	1232.03	99.53
6.43	0.08	122.63	1238.86	98.99
6.81	0.09	122.63	1245.76	98.44
7.20	0.09	122.63	1252.74	97.89

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(продолжение)

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «d» по
схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 2d

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 160,6

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1863,27

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 99,7

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.01	0.00	0.00	1134.21	0.00
0.17	0.00	0.00	1136.65	0.00
0.33	0.00	0.00	1139.03	0.00
0.49	0.01	21.05	1141.40	18.44
0.64	0.01	57.13	1143.78	49.95
1.03	0.01	88.11	1149.66	76.64
1.41	0.02	99.23	1155.61	85.87
1.80	0.02	101.64	1161.61	87.50
2.18	0.03	102.24	1167.68	87.56
2.57	0.03	102.24	1173.81	87.10
2.96	0.04	103.14	1180.01	87.41
3.34	0.04	105.25	1186.27	88.72
3.73	0.05	105.25	1192.60	88.25
4.11	0.05	105.25	1198.99	87.78
4.50	0.06	106.75	1205.46	88.55
4.88	0.06	109.10	1211.99	90.02
5.27	0.07	109.10	1218.60	89.53
5.66	0.07	109.15	1225.35	89.08
6.05	0.08	111.26	1232.28	90.29
6.45	0.08	111.26	1239.31	89.78
6.88	0.09	111.26	1247.02	89.22

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(продолжение)

Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «d» по схеме неконсолидированно-недренированного сдвига

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец№: 3d

Образцы:

Диаметр (мм): 38

Масса(г): 159,28

Площадь (мм²): 1134,11

Плотность(кг/м³): 1847,96

Длина (мм): 76

Объем (мм³): 86192,36

Содержание влаги (%): 32

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере(кПа): 98,6

Сжатие образца $\Delta L(\text{мм})$	Напряжение $\varepsilon = \Delta L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\varepsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1-\sigma_3)=1000P/A$
0.06	0.00	3.00	1135.01	2.64
0.10	0.00	10.00	1135.60	8.81
0.14	0.00	27.00	1136.20	23.76
0.32	0.00	45.00	1138.91	39.51
0.48	0.01	63.00	1141.32	55.20
0.64	0.01	72.00	1143.74	62.95
1.03	0.01	78.00	1149.69	67.84
1.41	0.02	87.00	1155.55	75.29
1.80	0.02	93.00	1161.62	80.06
2.18	0.03	99.00	1167.60	84.79
2.57	0.03	102.00	1173.80	86.90
2.96	0.04	108.00	1180.07	91.52
3.34	0.04	111.00	1186.24	93.57
3.73	0.05	114.00	1192.64	95.59
4.11	0.05	114.00	1198.95	95.08
4.50	0.06	117.85	1205.49	97.76
4.88	0.06	117.85	1211.93	97.24
5.27	0.07	117.85	1218.61	96.71
5.66	0.07	118.00	1225.37	96.30
6.05	0.08	118.00	1232.20	95.76
6.45	0.08	117.00	1239.29	94.41

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Графики зависимости напряжения от деформации

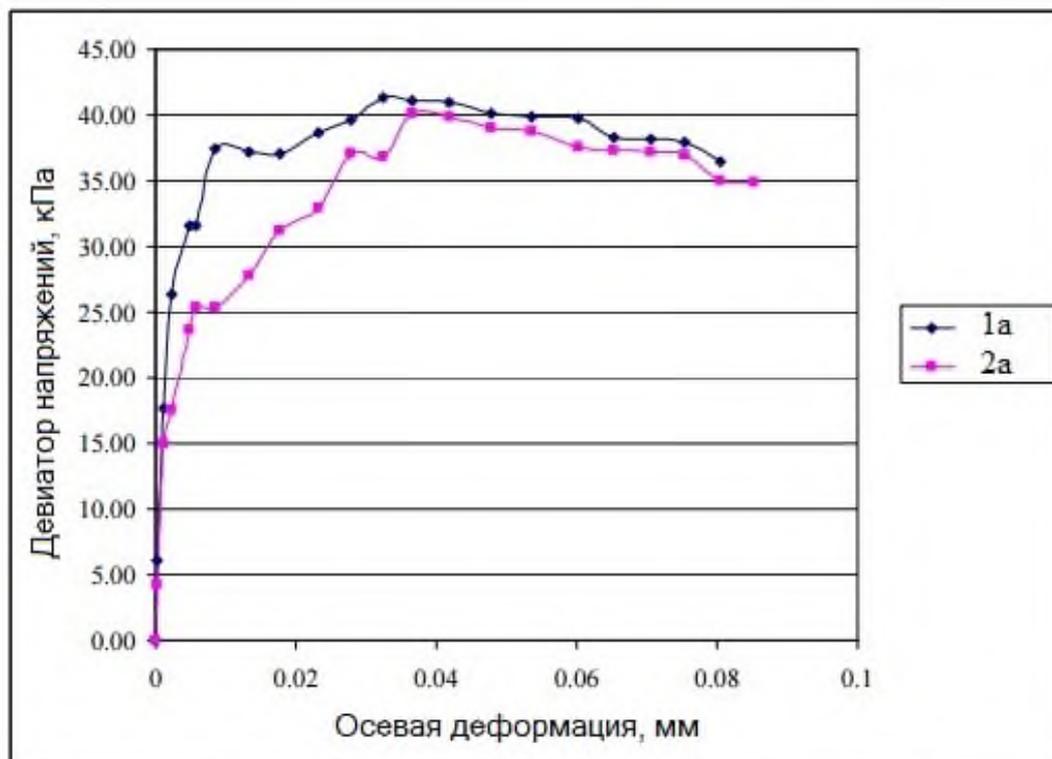


График девиаторных напряжений для образцов "а"

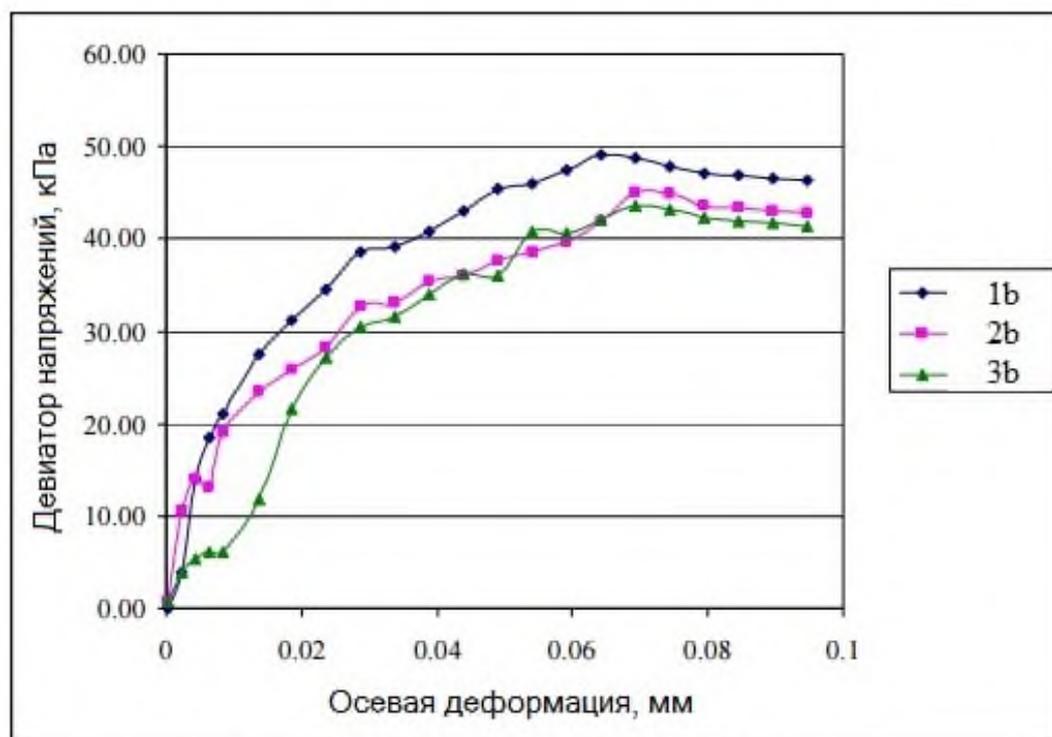


График девиаторных напряжений для образцов "б"

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(продолжение)

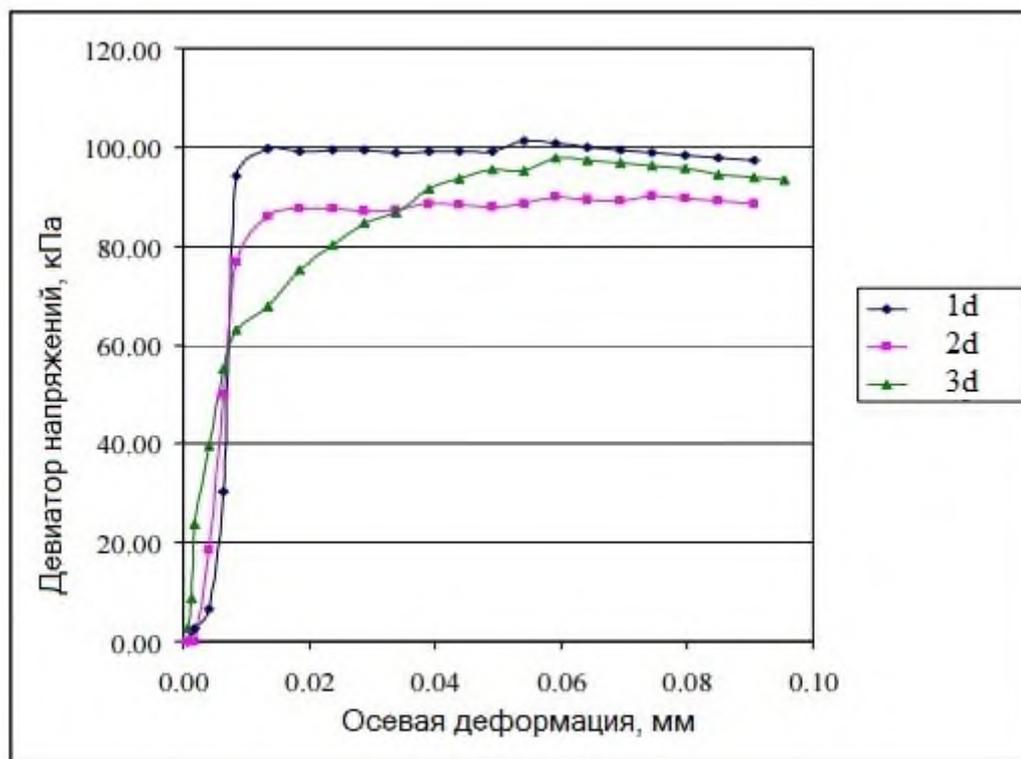


График девиаторных напряжений для образца "d"

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017

Лист

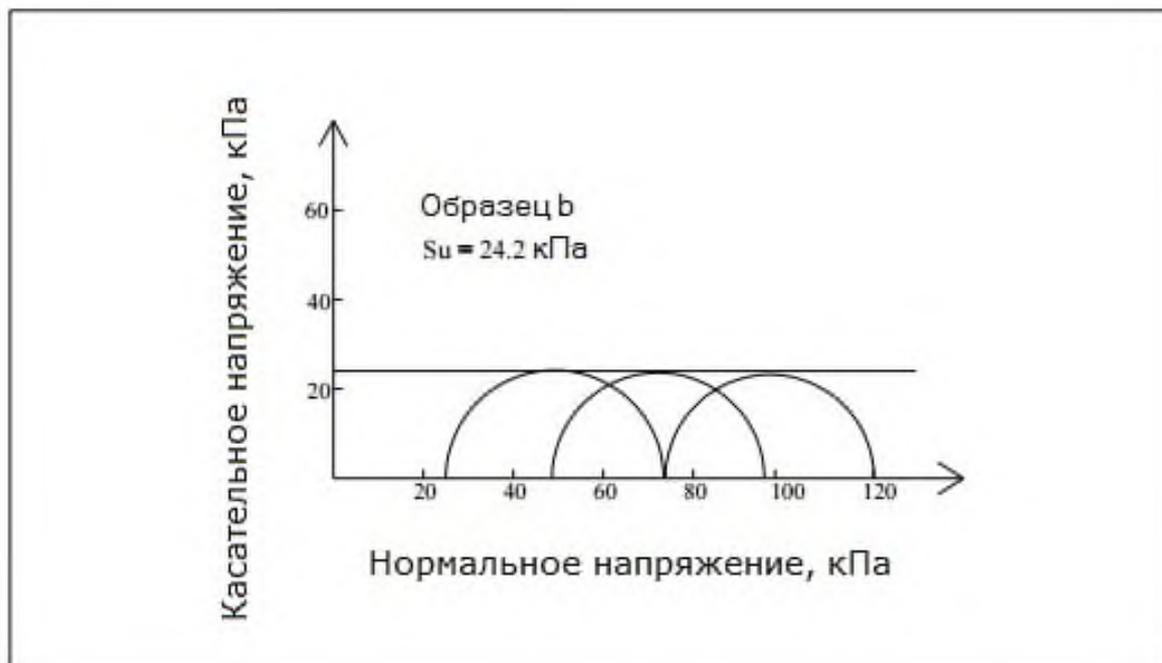
91

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

График кругов Мора для образцов а



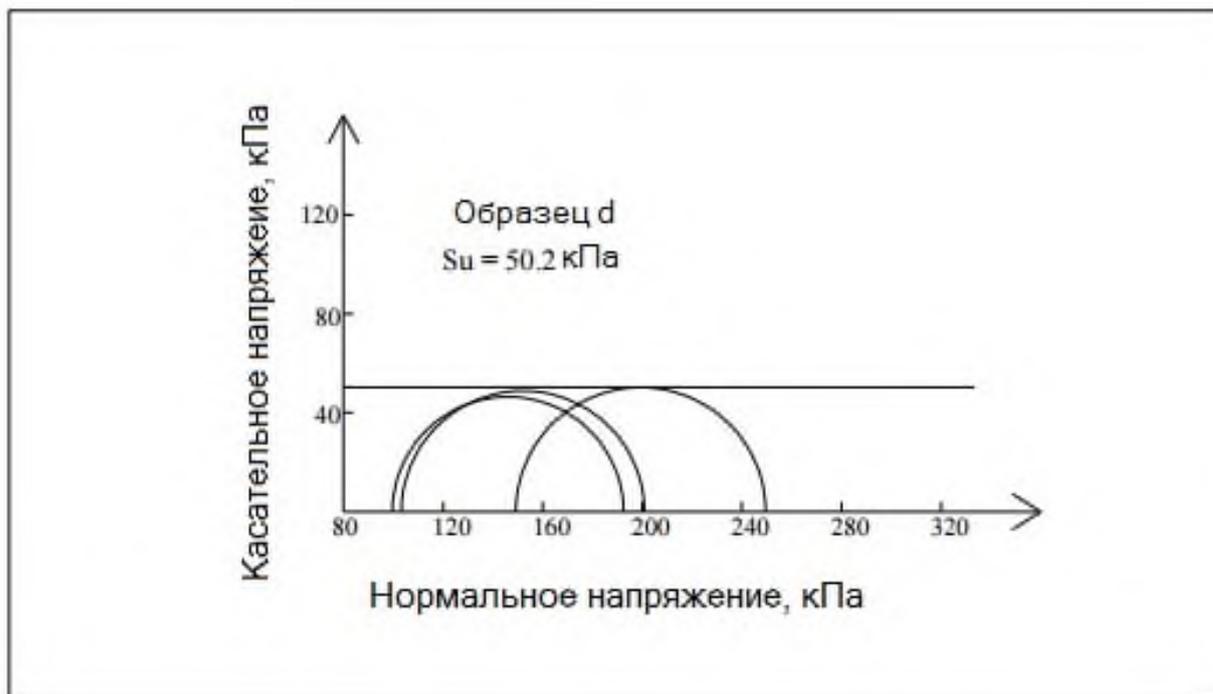
График кругов Мора для образцов б



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

График кругов Мора для образцов d



					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Код ПП для одноплоскостного среза

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using ZedGraph;

namespace WindowsFormsApplication1
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void label11_Click(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            double x, y;
            int k1, k2;
            GraphPane pane = zedGraphControl1.GraphPane;
            PointPairList list = new PointPairList();
            if (tabControl2.SelectedIndex == 0)
            {
                pane.CurveList.Clear();
                // Установим масштаб по умолчанию для оси X
                pane.XAxis.Scale.MinAuto = true;
                pane.XAxis.Scale.MaxAuto = true;

                // Установим масштаб по умолчанию для оси Y
                pane.YAxis.Scale.MinAuto = true;
                pane.YAxis.Scale.MaxAuto = true;

                // Обновим данные об осях
            }
        }
    }
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

zedGraphControl1.AxisChange();

// Обновляем график
zedGraphControl1.Invalidate();
// Создадим список точек

pane.Title.Text = "";
for (int i = 0; i < grid1.RowCount - 1; i++)
{
    pane.XAxis.Title.Text = comboBox1.Text;
    pane.YAxis.Title.Text = comboBox2.Text;
    if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[k1].Value);
    y = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[k2].Value);
    // добавим в список точку
    list.Add(x, y);
}
LineItem myCurve = pane.AddCurve("", list, Color.Blue,
SymbolType.None);
myCurve.Line.Width = 2;
pane.XAxis.Cross = 0.0;
pane.YAxis.Cross = 0.0;
// Отключим отображение первых и последних меток по осям
pane.XAxis.Scale.IsSkipFirstLabel = true;
pane.XAxis.Scale.IsSkipLastLabel = true;
// pane.Chart.Border.IsVisible=false;
zedGraphControl1.AxisChange();
zedGraphControl1.Invalidate();

}
if (tabControl2.SelectedIndex == 1)
{
    pane.CurveList.Clear();
    // Установим масштаб по умолчанию для оси X
    pane.XAxis.Scale.MinAuto = true;
    pane.XAxis.Scale.MaxAuto = true;

    // Установим масштаб по умолчанию для оси Y
    pane.YAxis.Scale.MinAuto = true;
    pane.YAxis.Scale.MaxAuto = true;

    // Обновим данные об осях

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

zedGraphControl1.AxisChange();

// Обновляем график
zedGraphControl1.Invalidate();
// Создадим список точек
pane.Title.Text = "";
for (int i = 0; i < grid2.RowCount - 1; i++)
{
    pane.XAxis.Title.Text = comboBox1.Text;
    pane.YAxis.Title.Text = comboBox2.Text;
    if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[k1].Value);
    y = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[k2].Value);
    // добавим в список точку
    list.Add(x, y);
}
LineItem myCurve = pane.AddCurve("", list, Color.Blue,
SymbolType.None);
myCurve.Line.Width = 2;
pane.XAxis.Cross = 0.0;
pane.YAxis.Cross = 0.0;
// Отключим отображение первых и последних меток по осям
pane.XAxis.Scale.IsSkipFirstLabel = true;
pane.XAxis.Scale.IsSkipLastLabel = true;
// pane.Chart.Border.IsVisible=false;
zedGraphControl1.AxisChange();
zedGraphControl1.Invalidate();
}

if (tabControl2.SelectedIndex == 2)
{

pane.CurveList.Clear();

// Установим масштаб по умолчанию для оси X
pane.XAxis.Scale.MinAuto = true;
pane.XAxis.Scale.MaxAuto = true;

// Установим масштаб по умолчанию для оси Y
pane.YAxis.Scale.MinAuto = true;
pane.YAxis.Scale.MaxAuto = true;

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

```

// Обновим данные об осях
zedGraphControl1.AxisChange();

// Обновляем график
zedGraphControl1.Invalidate();

// Создадим список точек
pane.Title.Text = "";
for (int i = 0; i < grid3.RowCount - 1; i++)
{
    pane.XAxis.Title.Text = comboBox1.Text;
    pane.YAxis.Title.Text = comboBox2.Text;
    if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[k1].Value);
    y = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[k2].Value);
    // добавим в список точку
    list.Add(x, y);
}
LineItem myCurve = pane.AddCurve("", list, Color.Blue,
SymbolType.None);
myCurve.Line.Width = 2;
pane.XAxis.Cross = 0.0;
pane.YAxis.Cross = 0.0;
// Отключим отображение первых и последних меток по осям
pane.XAxis.Scale.IsSkipFirstLabel = true;
pane.XAxis.Scale.IsSkipLastLabel = true;
// pane.Chart.Border.IsVisible=false;
zedGraphControl1.AxisChange();
zedGraphControl1.Invalidate();
}
}
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double srznach1 = 0, srznach2 = 0, srznach3 = 0;
    double sum1 = 0, sum2 = 0, sum3 = 0;
    double s1, s2, s3;
    double max1, max2, max3;

    double x, y;

    GraphPane pane1 = zedGraphControl2.GraphPane;
    PointPairList list1 = new PointPairList();

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

max1 = Convert.ToDouble(grid1.Rows[0].Cells[7].Value);
for (int i = 0; i < grid1.RowCount - 1; i++)
{
    s1 = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[6].Value);
    sum1 = sum1 + s1;
    srznach1 = sum1 / (grid1.RowCount - 1);
    if (max1 < Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[7].Value))
        max1 = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[7].Value);
}

```

```

max2 = Convert.ToDouble(grid2.Rows[0].Cells[7].Value);
for (int i = 0; i < grid2.RowCount - 1; i++)
{
    s2 = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[6].Value);
    sum2 = sum2 + s2;
    srznach2 = sum2 / (grid2.RowCount - 1);
    if (max2 < Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[7].Value))
        max2 = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[7].Value);
}

```

```

max3 = Convert.ToDouble(grid3.Rows[0].Cells[7].Value);
for (int i = 0; i < grid3.RowCount - 1; i++)
{
    s3 = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[6].Value);
    sum3 = sum3 + s3;
    srznach3 = sum3 / (grid3.RowCount - 1);
    if (max3 < Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[7].Value))
        max3 = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[7].Value);
}

```

```

gridrez.RowCount = 2;
gridrez.Rows.Add();

```

```

gridrez.Rows[0].Cells[0].Value = Convert.ToString(srznach1);
gridrez.Rows[1].Cells[0].Value = Convert.ToString(srznach2);
gridrez.Rows[2].Cells[0].Value = Convert.ToString(srznach3);

```

```

gridrez.Rows[0].Cells[1].Value = Convert.ToString(max1);
gridrez.Rows[1].Cells[1].Value = Convert.ToString(max2);
gridrez.Rows[2].Cells[1].Value = Convert.ToString(max3);

```

					BKP -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

```

pane1.CurveList.Clear(); // СТРОИМ ИСХОДНЫЙ ГРАФИК 1

// Установим масштаб по умолчанию для оси X
pane1.XAxis.Scale.MinAuto = true;
pane1.XAxis.Scale.MaxAuto = true;

// Установим масштаб по умолчанию для оси Y
pane1.YAxis.Scale.MinAuto = true;
pane1.YAxis.Scale.MaxAuto = true;

// Обновим данные об осях
zedGraphControl2.AxisChange();

// Обновляем график
zedGraphControl2.Invalidate();

// Создадим список точек
pane1.Title.Text = "";
for (int i = 0; i < gridrez.RowCount; i++)
{
    pane1.XAxis.Title.Text = "Нормальное напряжение, МПа";
    pane1.YAxis.Title.Text = "Сопротивление срезу, МПа";
    // if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    // if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x = Convert.ToDouble(gridrez.Rows[i].Cells[0].Value);
    y = Convert.ToDouble(gridrez.Rows[i].Cells[1].Value);
    // добавим в список точку
    list1.Add(x, y);
}
LineItem myCurve = pane1.AddCurve("", list1, Color.Blue,
SymbolType.Diamond);

myCurve.Line.Width = 2;
pane1.XAxis.Cross = 0.0;
pane1.YAxis.Cross = 0.0;
// Отключим отображение первых и последних меток по осям
pane1.XAxis.Scale.IsSkipFirstLabel = true;
pane1.XAxis.Scale.IsSkipLastLabel = true;
// pane.Chart.Border.IsVisible=false;
zedGraphControl2.AxisChange();
zedGraphControl2.Invalidate();
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

private void zedGraphControl3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double x, y, x1, y1, x2, y2;

    GraphPane pane1 = zedGraphControl3.GraphPane;
    PointPairList list1 = new PointPairList();
    PointPairList list2 = new PointPairList();
    PointPairList list3 = new PointPairList();

    pane1.CurveList.Clear(); // СТРОИМ ИСХОДНЫЙ ГРАФИК 1

    // Установим масштаб по умолчанию для оси X
    pane1.XAxis.Scale.MinAuto = true;
    pane1.XAxis.Scale.MaxAuto = true;

    // Установим масштаб по умолчанию для оси Y
    pane1.YAxis.Scale.MinAuto = true;
    pane1.YAxis.Scale.MaxAuto = true;

    // Обновим данные об осях
    zedGraphControl3.AxisChange();

    // Обновляем график
    zedGraphControl3.Invalidate();

    // Создадим список точек
    pane1.Title.Text = "";
    pane1.XAxis.Title.Text = "Деформация среза, мм";
    pane1.YAxis.Title.Text = "Касательная нагрузка, МПа";
    for (int i = 0; i < grid1.RowCount - 1; i++)
    {
        // pane1.XAxis.Title.Text = "Деформация среза, мм";
        // pane1.YAxis.Title.Text = "Касательное нагрузка, МПа";
        // if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
        // if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
        x = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[4].Value);
        y = Convert.ToDouble(grid1.Rows[i].Cells[7].Value);
        // добавим в список точку
        list1.Add(x, y);
    }
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

```

for (int i = 0; i < grid2.RowCount - 1; i++)
{
    // pane1.XAxis.Title.Text = "Деформация среза, мм";
    // pane1.YAxis.Title.Text = "Касательное нагрузка, МПа";
    //     if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    //     if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x1 = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[4].Value);
    y1 = Convert.ToDouble(grid2.Rows[i].Cells[7].Value);
    // добавим в список точку
    list2.Add(x1, y1);
}

for (int i = 0; i < grid3.RowCount - 1; i++)
{

    //     if (comboBox1.SelectedIndex > 0) k1 =
comboBox1.SelectedIndex + 2; else k1 = comboBox1.SelectedIndex;
    //     if (comboBox2.SelectedIndex > 0) k2 =
comboBox2.SelectedIndex + 2; else k2 = comboBox2.SelectedIndex;
    x2 = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[4].Value);
    y2 = Convert.ToDouble(grid3.Rows[i].Cells[7].Value);
    // добавим в список точку
    list3.Add(x2, y2);
}
LineItem myCurve = pane1.AddCurve("Испытание1", list1,
Color.Blue, SymbolType.None);
LineItem myCurve1 = pane1.AddCurve("Испытание2", list2,
Color.Green, SymbolType.None);
LineItem myCurve2 = pane1.AddCurve("Испытание3", list3,
Color.Red, SymbolType.None);

myCurve.Line.Width = 2;
pane1.XAxis.Cross = 0.0;
pane1.YAxis.Cross = 0.0;
// Отключим отображение первых и последних меток по осям
pane1.XAxis.Scale.IsSkipFirstLabel = true;
pane1.XAxis.Scale.IsSkipLastLabel = true;
// pane.Chart.Border.IsVisible=false;
zedGraphControl3.AxisChange();
zedGraphControl3.Invalidate();
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

private void открытьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
}

private void испытание1ToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
string line, fn, fg;
int i = 0, g = 1, ks = 0, kolstr = 0;
openFileDialog1.InitialDirectory = "c:\\";
openFileDialog1.Filter = "файлы данных (*.log)|*.log|все файлы
(*.*)|*.*";

if (folderBrowserDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{

fn = folderBrowserDialog1.SelectedPath + "\\Test\\Test.1.log";
fg = folderBrowserDialog1.SelectedPath +
"\\General\\General.1.log";

System.IO.StreamReader fl = new System.IO.StreamReader(fn,
Encoding.GetEncoding(1251));
System.IO.StreamReader flg = new System.IO.StreamReader(fg,
Encoding.GetEncoding(1251));
line = fl.ReadLine();
line = flg.ReadLine();
string[] sarray = line.Split();
textBox13.Text = sarray[0];
textBox14.Text = sarray[1];
flg.Close();

int count = System.IO.File.ReadAllLines(fn).Length - 1;
line = fl.ReadLine();

while ((line = fl.ReadLine()) != null)
{
sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
МАССИВ
if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))
kolstr++;
}
}
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

```

fl.DiscardBufferedData();
fl.BaseStream.Position = 0;
line = fl.ReadLine();

for (int str = 0; str < count; str++)
{
    line = fl.ReadLine();
    sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
МАССИВ

    if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))
    {
        ks++;
        if (ks == kolstr)
            break;

        grid1.Rows.Add();
        for (int j = 0; j < 10; j++)
        {

            grid1.Rows[i].Cells[j].Value = sarray[j];
        }

        i++;
    }
}

/*      private void открытьToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
{
    string line, s, fn;
    char ch;
    int i = 0;
    openFileDialog1.Filter = "файлы данных (*.log)|*.log|все
файлы (*.*)|*.*";
    if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        fn = openFileDialog1.FileName;
        System.IO.StreamReader fl = new
System.IO.StreamReader(fn, Encoding.GetEncoding(1251));//читает русский
ТЕКСТ

        line = fl.ReadLine();
        while ((line = fl.ReadLine()) != null)
        {
            grid1.Rows.Add();

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

        string[] sarray = line.Split();//разбивает на подстроки
и помещает в массив
        if ((sarray[2] == "True") | (sarray[1] == "WaitLimit"))
        {
        for (int j = 0; j < 10; j++)
        {

                grid1.Rows[i].Cells[j].Value = sarray[j];
        }

                i++;
        }

        }*/
    }
}

private void испытание2ToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    string line, fn, fg;
    int i = 0, g = 1, ks = 0, kolstr = 0;
    openFileDialog1.InitialDirectory = "с:\\";
    openFileDialog1.Filter = "файлы данных (*.log)|*.log|все файлы
(*.*)|*.*";

    if (folderBrowserDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {

        fn = folderBrowserDialog1.SelectedPath + "\\Test\\Test.1.log";
        fg      =      folderBrowserDialog1.SelectedPath      +
"\\General\\General.1.log";

        System.IO.StreamReader fl = new System.IO.StreamReader(fn,
Encoding.GetEncoding(1251));
        System.IO.StreamReader flg = new System.IO.StreamReader(fg,
Encoding.GetEncoding(1251));
        line = fl.ReadLine();
        line = flg.ReadLine();
        string[] sarray = line.Split();
        textBox24.Text = sarray[0];
        textBox25.Text = sarray[1];
        flg.Close();
    }
}

```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```
int count = System.IO.File.ReadAllLines(fn).Length - 1;
line = fl.ReadLine();
```

```
while ((line = fl.ReadLine()) != null)
{
    sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
    массив
    if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))
        kolstr++;
}
fl.DiscardBufferedData();
fl.BaseStream.Position = 0;
line = fl.ReadLine();
```

```
for (int str = 0; str < count; str++)
{
    line = fl.ReadLine();
    sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
    массив
    if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))
    {
        ks++;
        if (ks == kolstr)
            break;

        grid2.Rows.Add();
        for (int j = 0; j < 10; j++)
        {
            grid2.Rows[i].Cells[j].Value = sarray[j];
        }

        i++;
    }
}
}
```

```
private void испытание3ToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
    string line, fn, fg;
    int i = 0, g = 1, ks = 0, kolstr = 0;
```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

```

openFileDialog1.InitialDirectory = "c:\\";
openFileDialog1.Filter = "файлы данных (*.log)|*.log|все файлы
(*.*)|*.*";

if (folderBrowserDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)
{

    fn = folderBrowserDialog1.SelectedPath + "\\Test\\Test.1.log";
    fg      =      folderBrowserDialog1.SelectedPath      +
"\\General\\General.1.log";

    System.IO.StreamReader fl = new System.IO.StreamReader(fn,
Encoding.GetEncoding(1251));
    System.IO.StreamReader flg = new System.IO.StreamReader(fg,
Encoding.GetEncoding(1251));
    line = flg.ReadLine();
    line = flg.ReadLine();
    string[] sarray = line.Split();
    textBox26.Text = sarray[0];
    textBox27.Text = sarray[1];
    flg.Close();

    int count = System.IO.File.ReadAllLines(fn).Length - 1;
    line = fl.ReadLine();

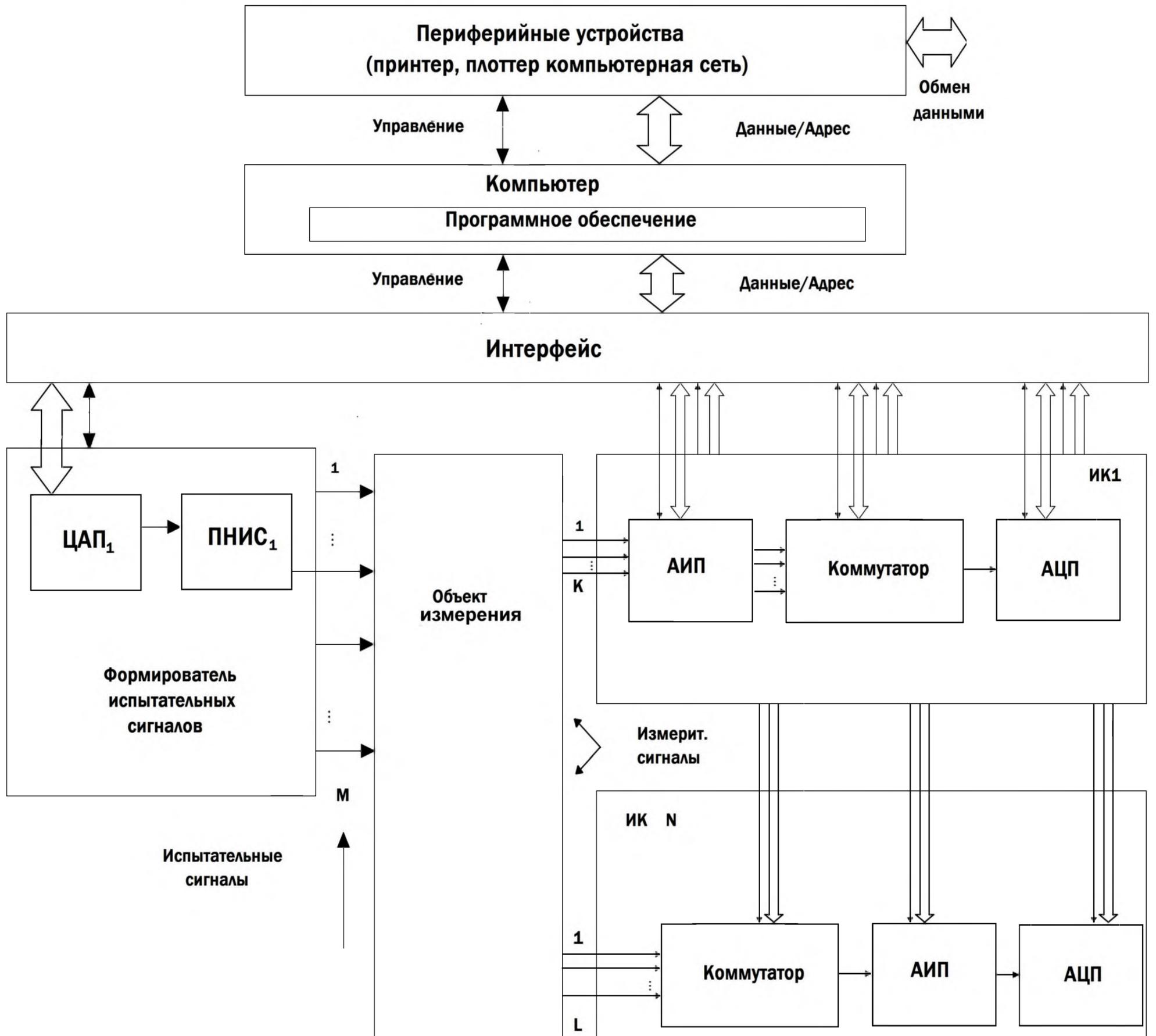
    while ((line = fl.ReadLine()) != null)
    {
        sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
МАССИВ
        if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))
            kolstr++;
    }
    fl.DiscardBufferedData();
    fl.BaseStream.Position = 0;
    line = fl.ReadLine();

    for (int str = 0; str < count; str++)
    {
        line = fl.ReadLine();
        sarray = line.Split();//разбивает на подстроки и помещает в
МАССИВ
        if ((sarray[2] == "True") || (sarray[1] == "WaitLimit"))

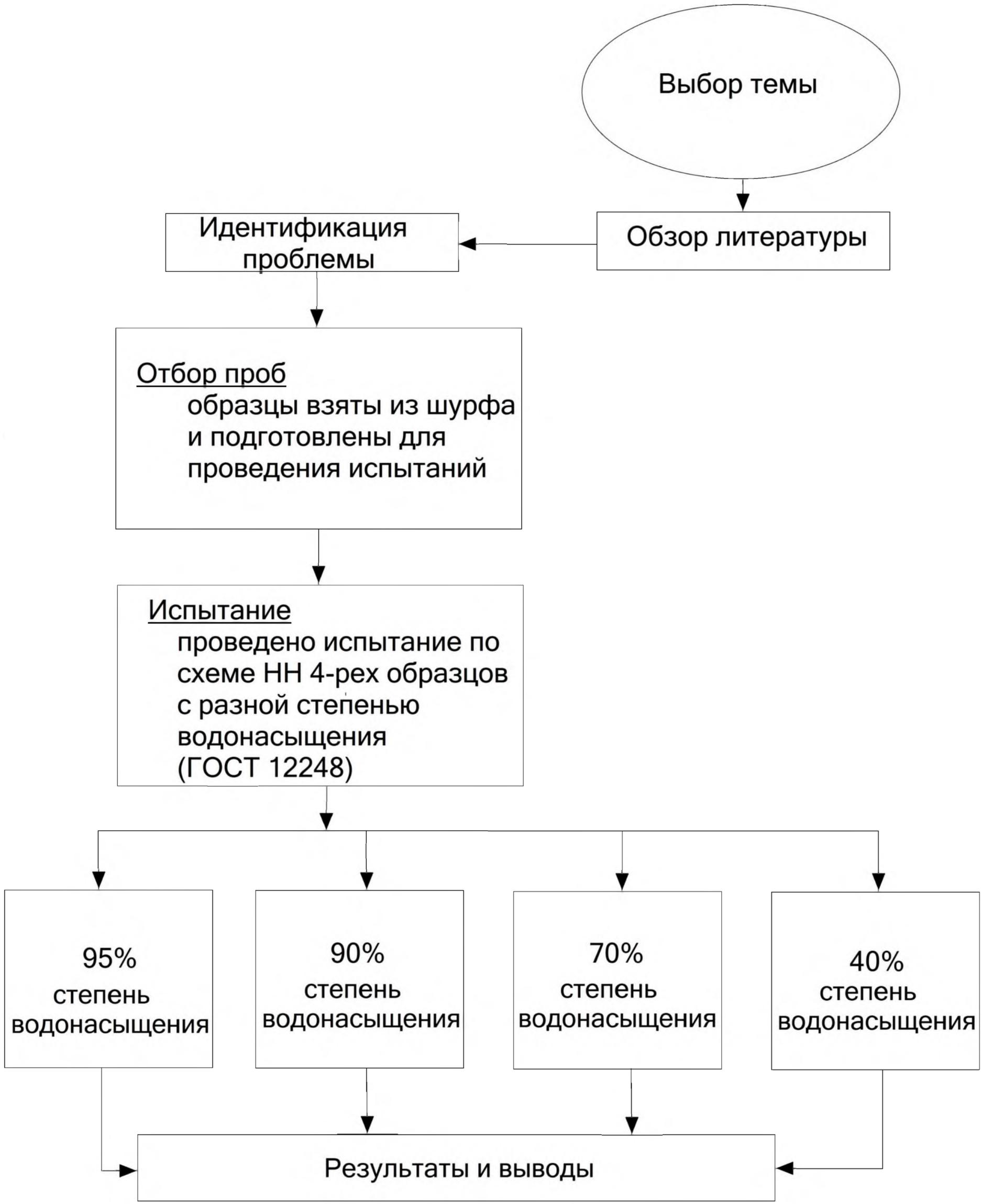
```

					ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017	Лист 106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Структурная схема ИВК АСИС



Блок-схема методологии исследования



Зав. каф	Глухов В.С.			ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017			
Руководитель	Болдырев Г.Г.			Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига			
Консультанты							
Исслед. объект	Чичкин А.Ф.						
Гр-е лаборатор. испытаний	Чичкин А.Ф.						
Прим. ИВК	Кузнецов А.А.						
Науч.-исслед. раздел	Глухов В.С.			Применение ИВК	Стадия	Лист	Листов
Нормоконтроль	Глухов В.С.				ВКР	1	7
				Блок-схема методологии исследования, структурная схема измерительно-вычислительного комплекса	ПГУАС каф. ГДС гр. Ст-23м		
Разраб.	Гуляка А.В.				Копировал Формат А1		

Шаблон Excel

Microsoft Excel - ТС шаблон с камерой А нагнетатель.xls

ООО "НПП "Геотек"

Испытания грунта методом ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ
ГОСТ 12248-2010

Лабораторный номер
Объект
Наименование выработки
Наименование грунта
Схема проведения испытания
Состояние грунта
Заказчик
Глубина отбора
Оборудование

№	Давление в камере, МПа	Вертикальное давление, МПа	Поровое давление при разрушении, МПа	Эфф. давление в камере, МПа	Эфф. Вертикальное давление, МПа	Модуль деформации, МПа	Коэффициент Пуассона (поперечной деформации)	Модуль сдвига, МПа	Модуль объемной деформации, МПа
1	0,251	0,920	-0,002	0,253	0,922	36,263	0,069	16,956	14,033
2	0,200	0,552	0,000	0,200	0,552	51,999	0,004	25,889	17,482
3	0,300	0,825	0,000	0,300	0,825	54,780	0,011	27,103	18,656

Характеристики грунта

W, %	19,10
ρ_s , г/см ³	2,12
ρ_d , г/см ³	1,78
ρ_s , г/см ³	2,71
n, %	34,16
e, д.е.	0,52
Sr, д.е.	1,00
l _p , д.е.	8,80
l _L , д.е.	0,34
l _{opt} , %	-
φ , град	27,99
c, МПа	0,02
φ' , град	28,41
c', МПа	0,02

Прибор трехосного сжатия

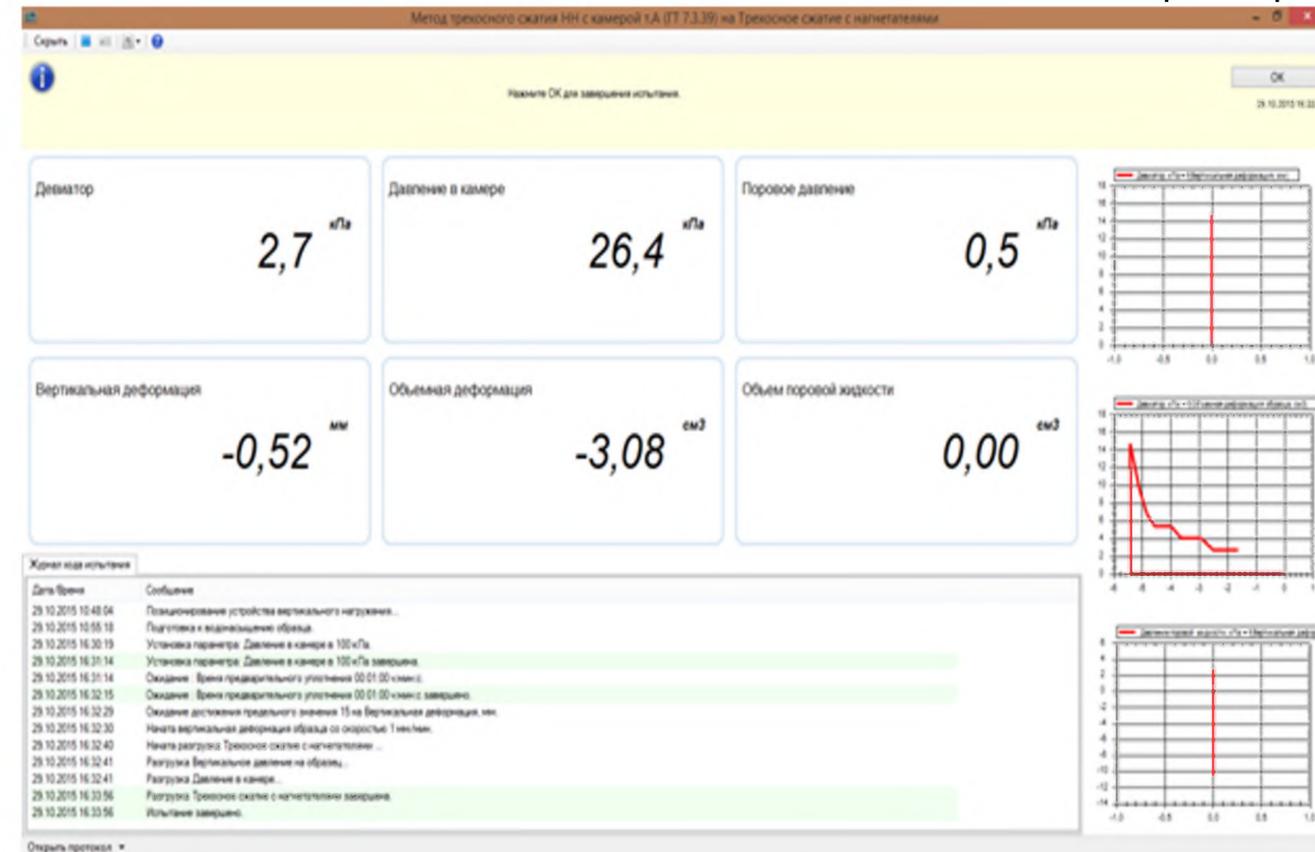
АСИС - Трехосное сжатие

Позволяет испытывать образцы грунтов в условиях трехосного сжатия

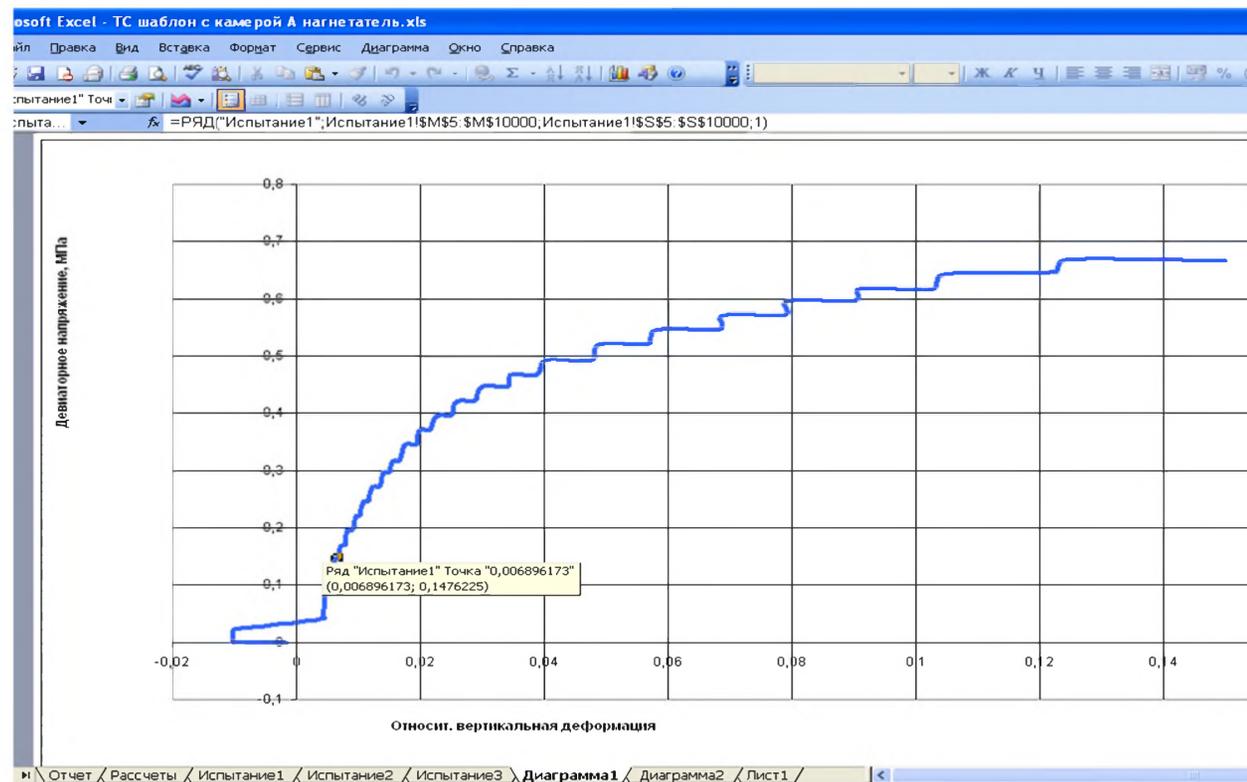


ГРУНТЫ

Показания, считанные АСИС с датчиков прибора

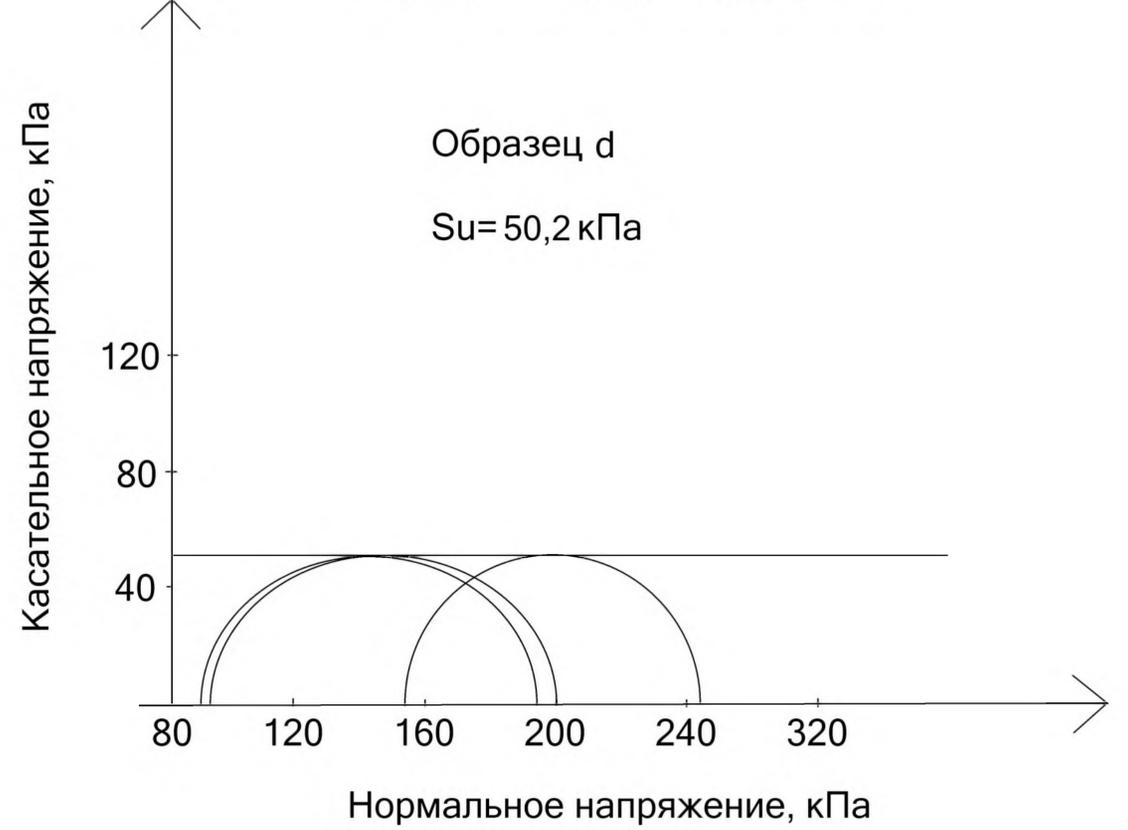
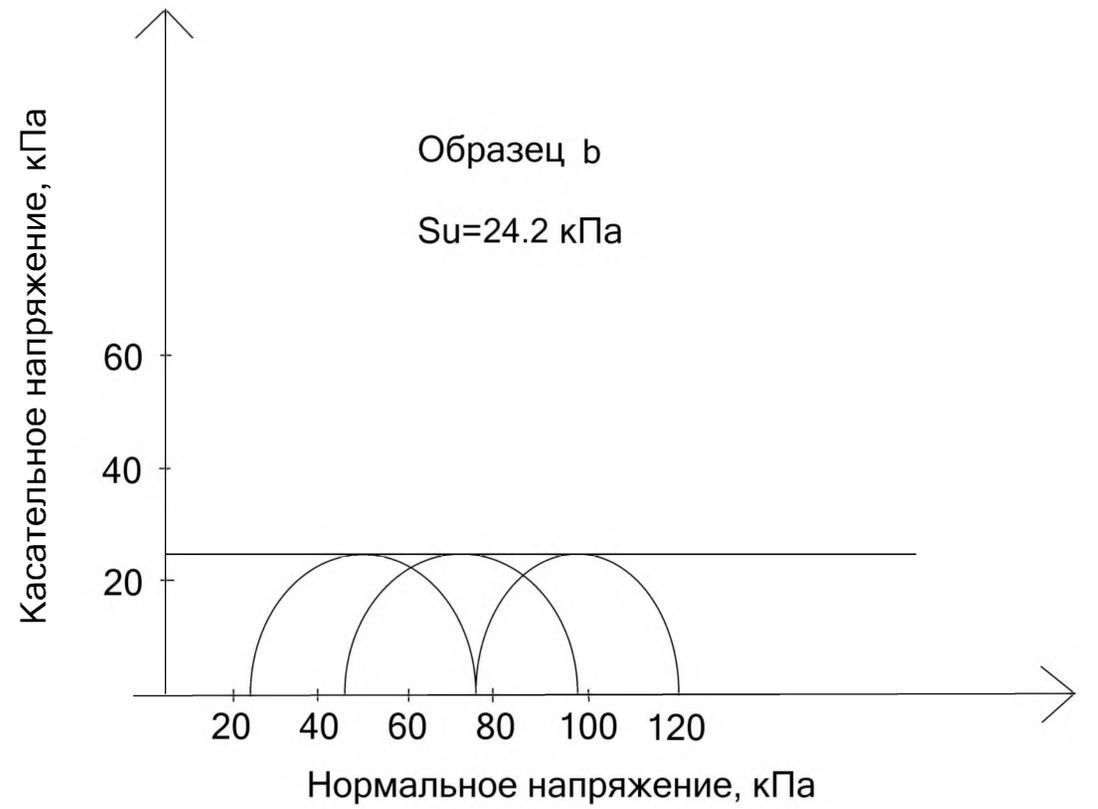
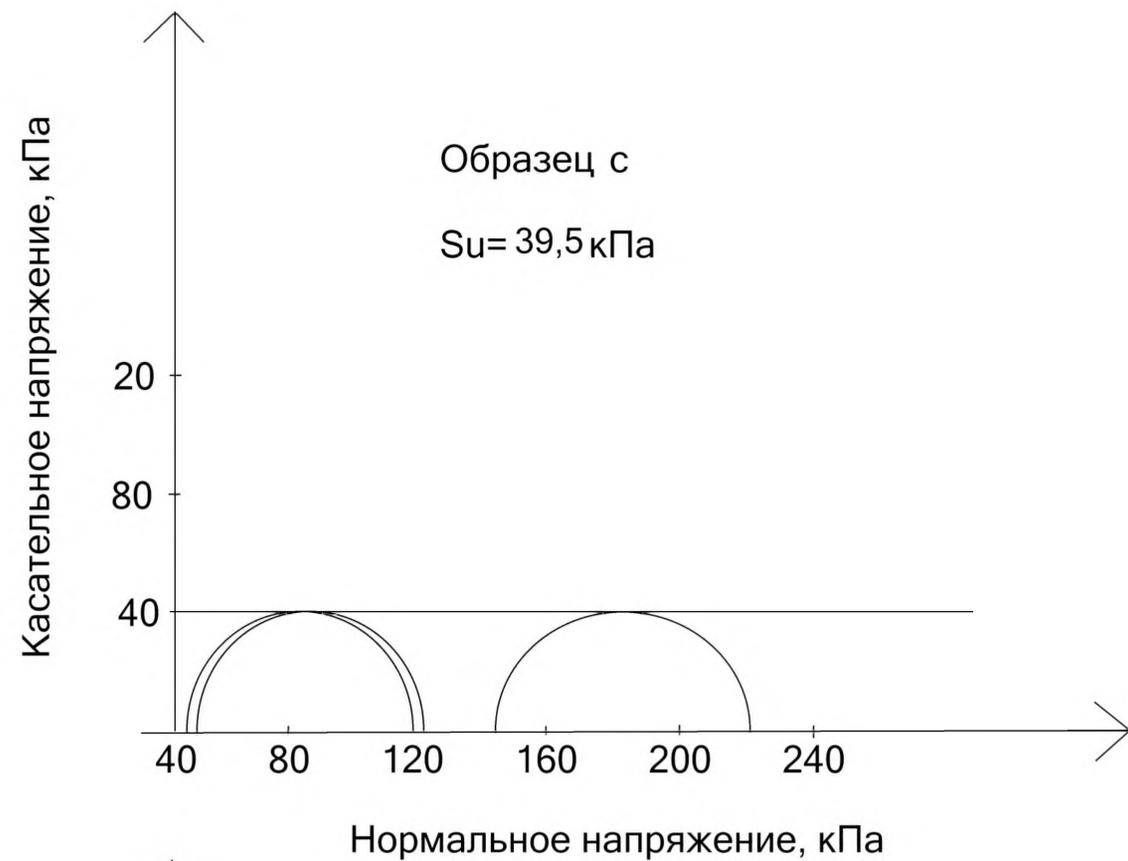
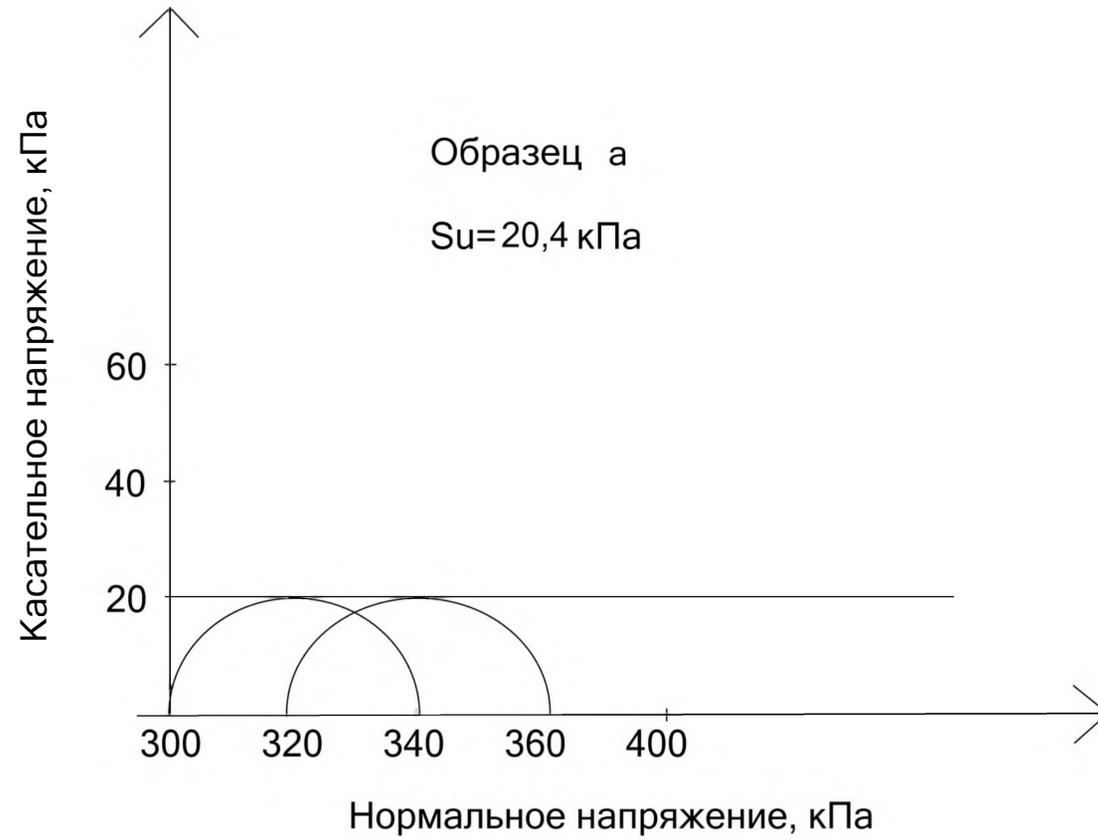


Графики шаблонов Excel



Заб. кар	Глухов ВС			ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017
Руководитель	Бойдубет ГГ			
Консультанты				
Исполнители	Чижик А.Ф.			Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига
Помощники	Чижик А.Ф.			
Прин. ИВК	Кузнецов А.А.			Применение ИВК
Исполнители	Глухов ВС			Слайд / Лист / Листов
Нормоконтроль	Глухов ВС			ВКР / 2 / 7
Разработ	Глухов А.В.			ПГУАС каф. ГДС гр. Ст-23м

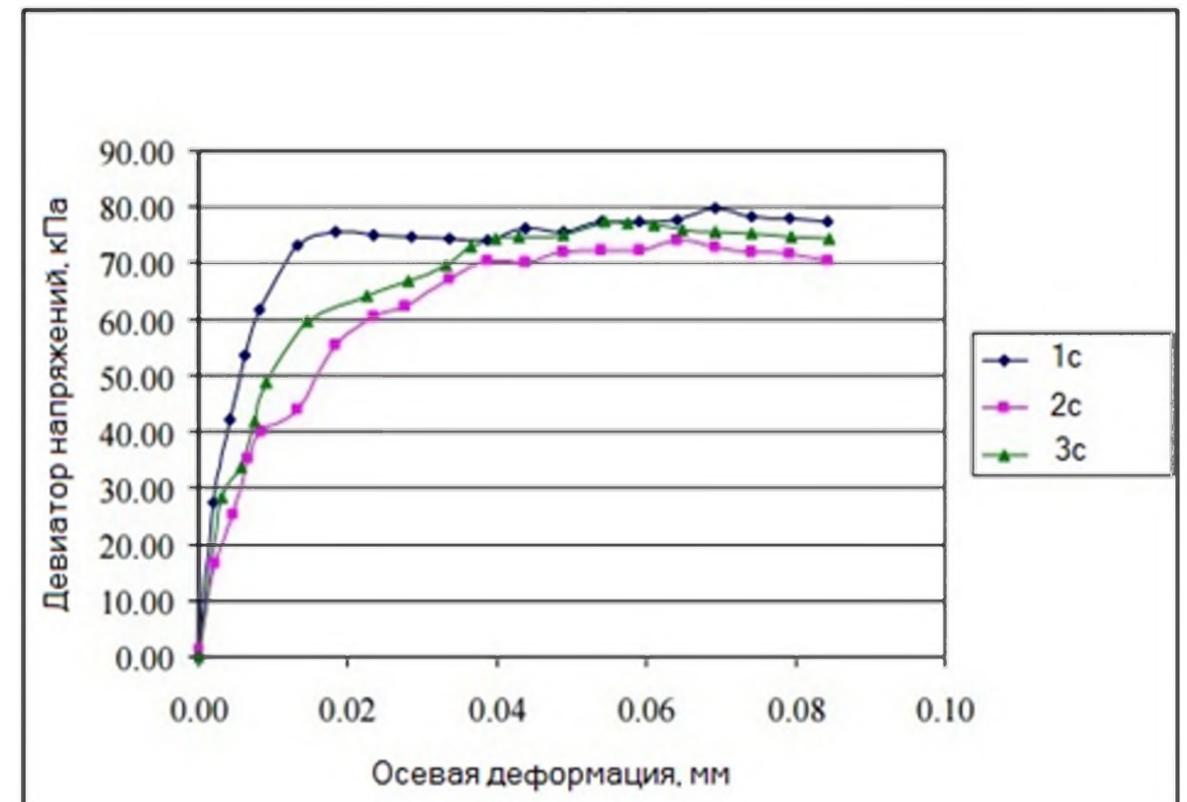
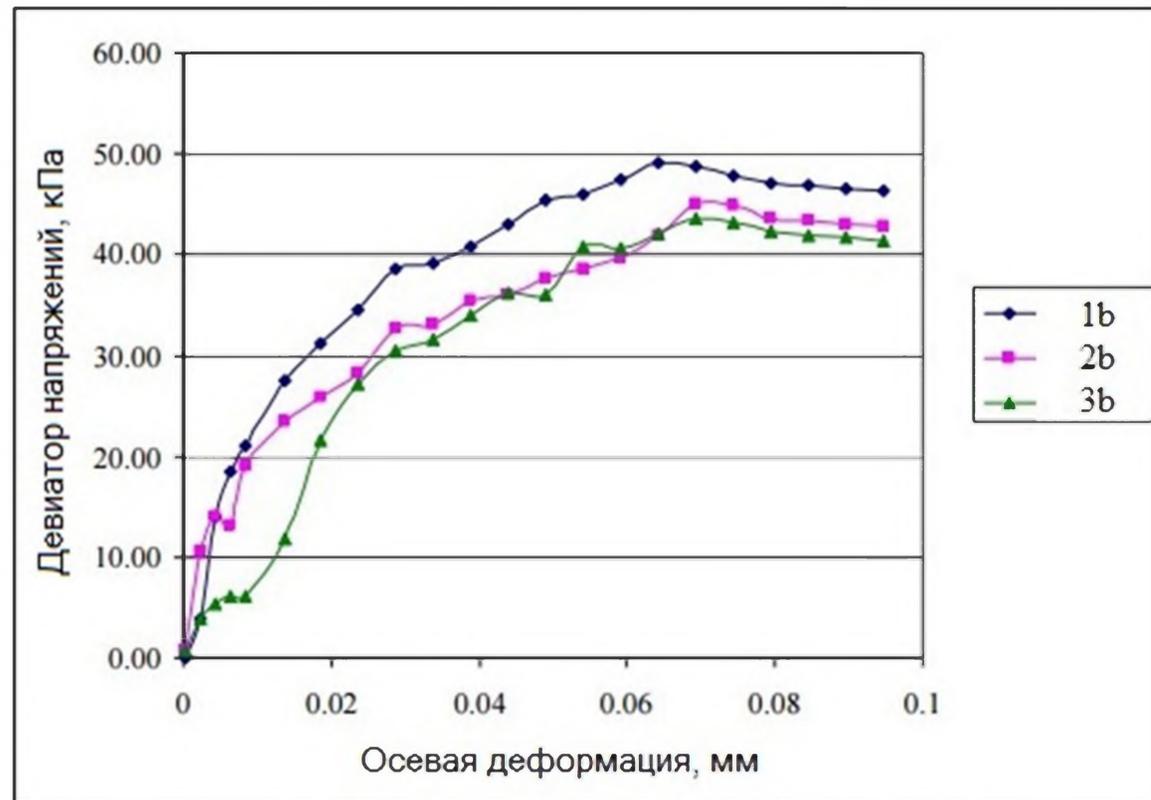
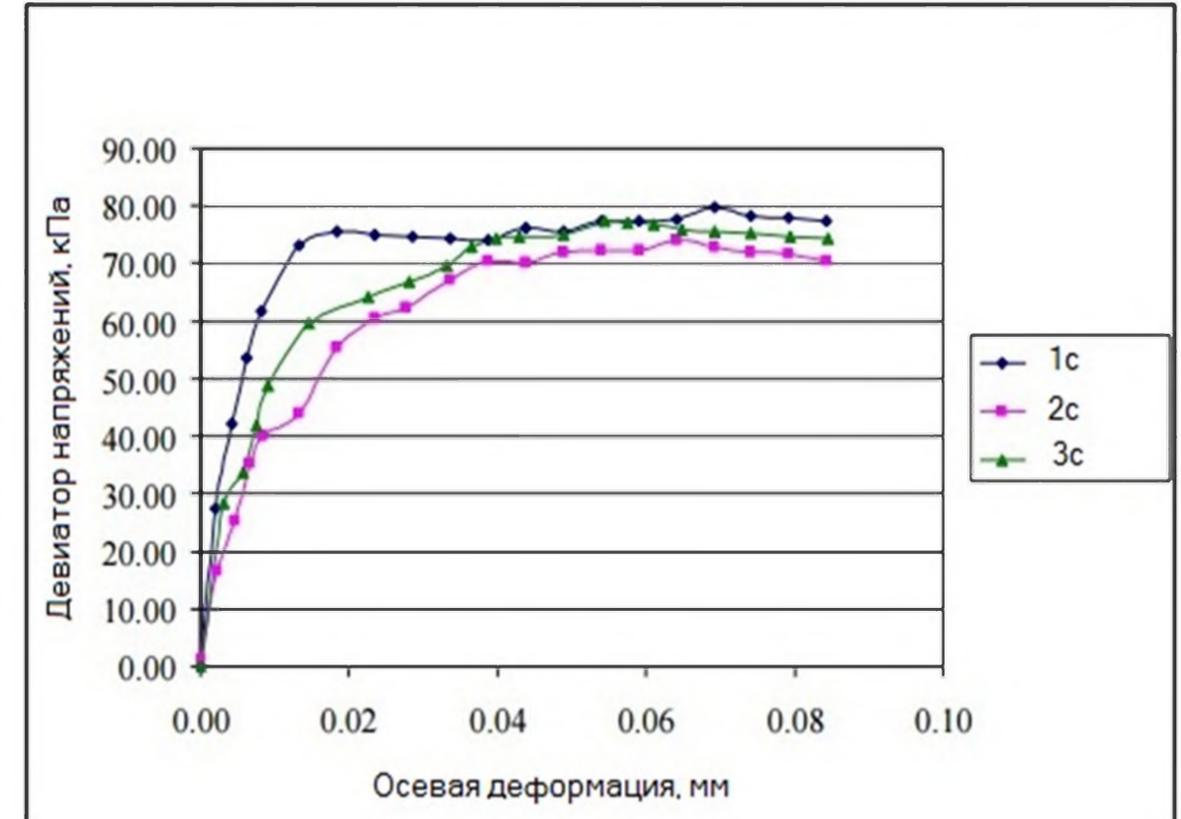
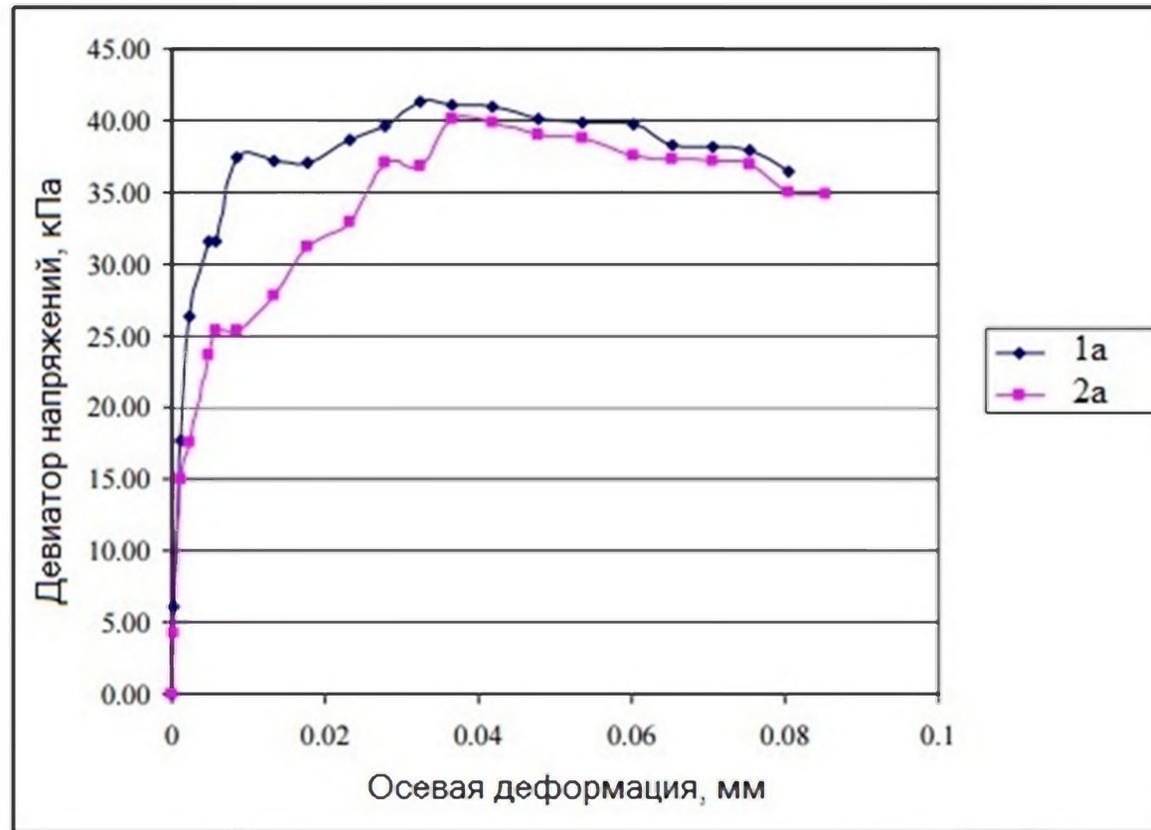
Графики кругов Мора



Согласовано
Инж. ? подг. Подр. и дано Взам. инв. ?

Заб. кар.	Глухов В.С.			ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017		
Руководитель	Болдырев Г.Г.			Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидированно-недренированного сдвига		
Консультанты				Научно-исследовательский раздел		
Инж. ответ. за работу	Чижкин А.Ф.			Страница	Лист	Листов
Инж. ответ. за проект	Чижкин А.Ф.			ВКР	4	7
Прин. ИВК	Кузнецов А.А.			ПГУАС		
Нач. инст. работ	Глухов В.С.			каф. ГДС гр. Ст-23м		
Нормоконтроль	Глухов В.С.			Копировал		
				Формат А1		

Графики девиаторных напряжений



Заб. кар.	Глухов ВС			ВКР -2069059-08.04.01-151108-2017
Руководитель	Бойдурев ГГ			
Консультанты				
Исполнители	Чижкин АФ			Исследование влияния степени водонасыщения глинистых грунтов на прочность в условиях неконсолидованно-недренированного сдвига
Проверка	Чижкин АФ			
Прим. ИВК	Кузнецов АА			
Исполнитель	Глухов ВС			
Нормоконтроль	Глухов ВС			
Разработчик	Гуляева АВ			
Научно-исслед. раздел				Листы
Графики девиаторных напряжений образцов грунта а, в, с, d				ВКР
				5
				7
				ПГУАС
				каф. ГДС гр. Ст-23м
Копировал				А1

**Журнал испытания трехосного сжатия образцов грунта «а» по
схеме неконсолидированно-недренированного сдвига**

Метод испытания: ГОСТ 12248-2010

Образец №: 1а

Образцы:

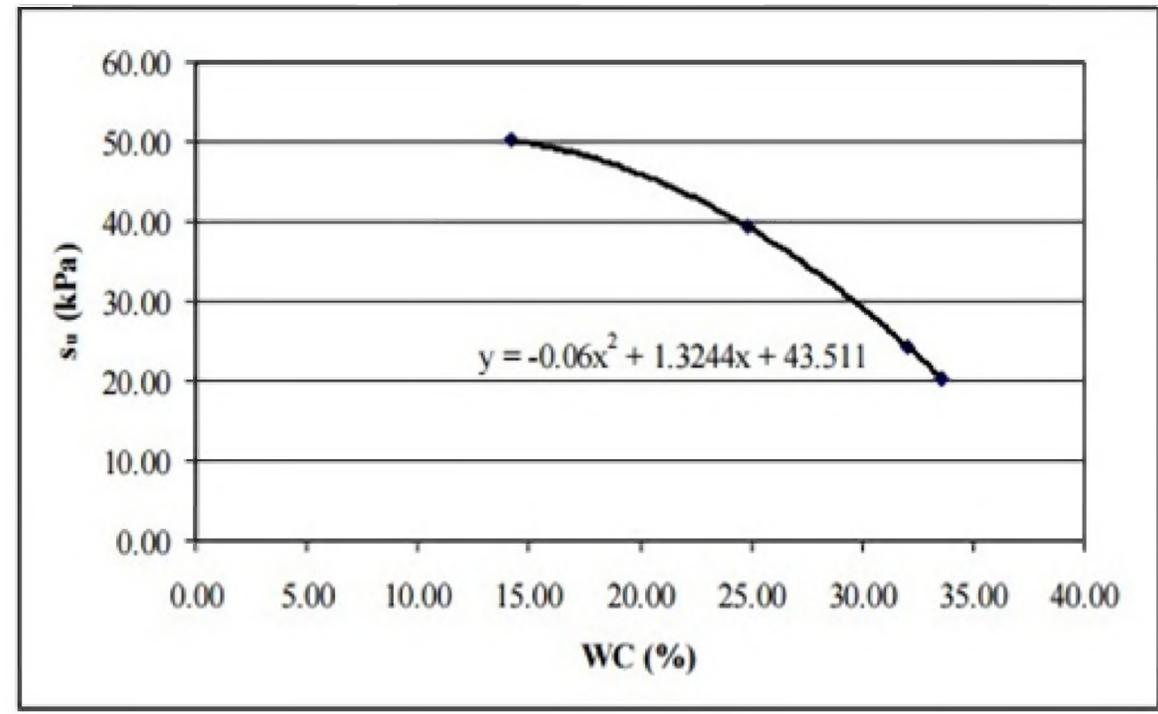
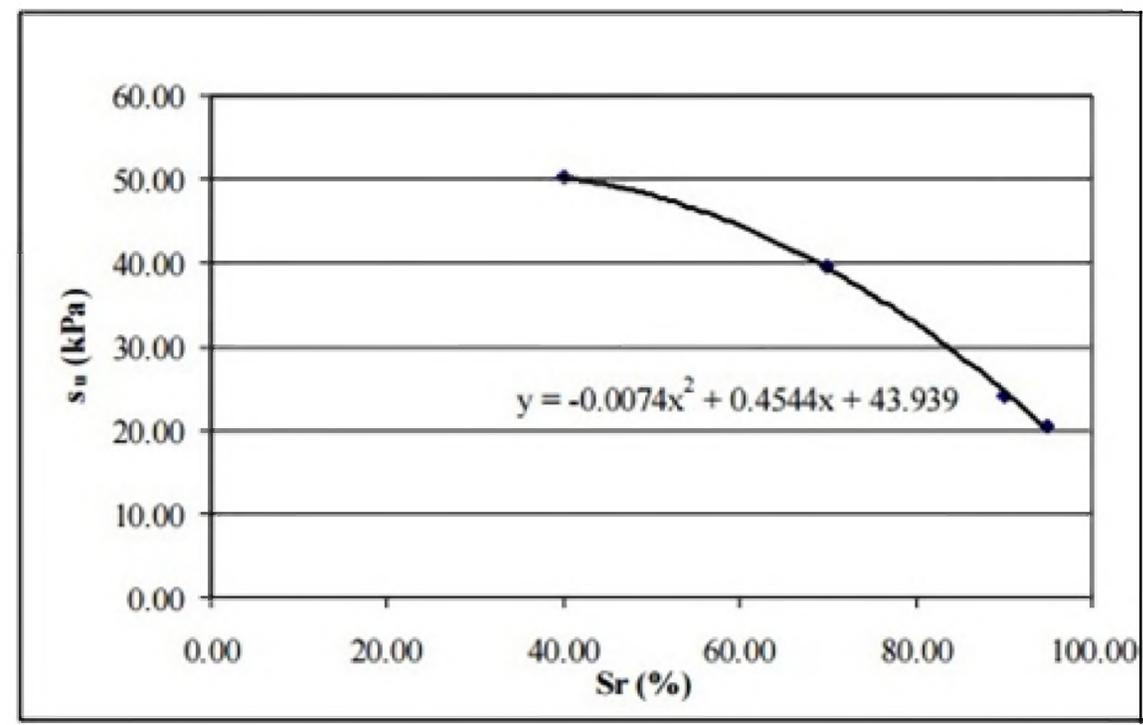
Диаметр (мм): 38
Площадь (мм²): 1134,11
Длина (мм): 76
Объем (мм³): 86191,6
Содержание влаги (%): 33,6

Масса (г): 158,9
Плотность (кг/м³): 1834,17

Сжатие:

Мембранная толщина (мм): 0,2

Давление в камере (кПа): 320



Сжатие образца ? L(мм)	Напряжение $\epsilon = ? L/L_0$	Осевое усилие P(N)	Исправленная область $A=A_0/(1-\epsilon)$	Измерение девиатора напряжений $(\sigma_1 - \sigma_3) = 1000P/A$
0.00	0.00	0.00	1134.11	0.00
0.01	0.00	6.92	1134.28	6.10
0.17	0.00	20.16	1136.63	17.74
0.33	0.00	30.07	1139.03	26.40
0.49	0.01	36.07	1141.40	31.60
0.61	0.01	36.08	1143.29	31.56
1.03	0.01	43.00	1149.69	37.40
1.41	0.02	43.00	1155.55	37.21
1.80	0.02	43.00	1161.62	37.02
2.18	0.03	45.11	1167.60	38.63
2.57	0.03	46.51	1173.80	39.62
2.96	0.04	48.82	1180.07	41.37
3.34	0.04	48.82	1186.24	41.16
3.73	0.05	48.82	1192.64	40.93
4.11	0.05	48.11	1198.95	40.13
4.49	0.06	48.11	1205.32	39.91
4.88	0.06	48.11	1211.93	39.70
5.27	0.07	46.73	1218.61	38.35
5.68	0.07	46.73	1225.72	38.12
6.03	0.08	46.73	1231.85	37.93
6.41	0.08	45.11	1238.57	36.42

Образцы	Степень водонасыщения (%)	Содержание воды (%)	S_u (кПа)
a	95	33,6	20,4
b	90	32,0	24,2
c	70	24,8	39,5
d	40	14,2	50,2

