
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
12248.4-
202__

(Проект, RU,
1-я редакция)

ГРУНТЫ

Определение характеристик деформируемости методом компрессионного сжатия

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Российский институт стандартизации
202__

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «НПП Геотек»» (ООО «НПП-Геотек»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 506 «Инженерные изыскания и геотехника»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от _____ 20__ г. № ____)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узбекское агентство по техническому регулированию
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркмения	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»

4 ВЗАМЕН ГОСТ 12248.4—2020

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»



В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения.....	
4 Общие положения.....	
5 Требования к оборудованию.....	
6 Оборудование и приборы	
7 Подготовка к испытанию	
8 Проведение компрессионных испытаний	
9 Проведение консолидированных испытаний	
10 Обработка результатов	
Приложение А (рекомендуемое) Форма журнала испытания грунта методом компрессионного сжатия	
Приложение Б (рекомендуемое) Образец графического оформления результатов испытания грунтов методом компрессионного сжатия.....	
Приложение В (рекомендуемое) Метод компрессионных испытаний с постоянной скоростью деформации.....	
Приложение Г (рекомендуемое) Метод компрессионных испытаний с измерением бокового давления	
Приложение Д (обязательное) Определение коэффициентов фильтрационной (первичной) и вторичной консолидации.....	
Приложение Е (рекомендуемое) Определение начального одометрического модуля деформации	
Приложение Ж (рекомендуемое) Определение параметров компрессионной кривой	

Введение

В настоящем стандарте приведены требования, предъявляемые к выполнению лабораторных испытаний грунтов методом компрессионного сжатия.

Пересмотр ГОСТ 12248.4—2020 осуществлен авторским коллективом общества с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие "Геотек"» (ООО «НПП Геотек») (руководитель разработки — д.т.н. Г.Г. Болдырев; ответственный исполнитель — к.т.н. А.А. Живаев).

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГРУНТЫ

Определение характеристик деформируемости
методом компрессионного сжатия

Soils. Determination of deformation parameters by compression testing

Дата введения – 202XX –XX–XX

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к определению характеристик деформируемости дисперсных грунтов в условиях компрессионного сжатия при их исследовании в процессе выполнения инженерных изысканий для строительства.

Настоящий стандарт не распространяется на все виды мерзлых грунтов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 5180 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик;

ГОСТ 12071 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов;

ГОСТ 12536 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава;

ГОСТ 22733 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности;

ГОСТ 25100 Грунты. Классификация;

ГОСТ 30416 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (www.easc.by) или по указателям национальных стандартов, издаваемым в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации. Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного

изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 25100, ГОСТ 30416, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 одометрический модуль деформации E_{oed} , МПа: Отношение изменения напряжения к соответствующему изменению деформации в заданном интервале напряжений.

3.2 начальный одометрический модуль деформации E^0_{oed} , МПа: Отношение изменения напряжения к соответствующему изменению деформации при малом приращении напряжения сверх давления от собственного веса грунта.

3.3 избыточное поровое давление u_b , МПа: Давление в поровой воде, вызванное механическим сжатием образца.

3.4 осевое напряжение σ_a , МПа: Давление, действующее на верхней границе образца.

3.5 радиальное напряжение σ_r , МПа: Давление, возникающее в радиальном направлении.

3.6 коэффициент порового давления u_b/σ_a : Избыточное поровое давление воды, деленное на приложенное осевое напряжение.

3.7 эффективное напряжение предварительного уплотнения σ'_c , МПа: Условное максимальное эффективное напряжение в грунте за всю его историю.

3.8 коэффициент фильтрационной консолидации c_v , см²/год: Показатель, характеризующий скорость деформации грунта при постоянном осевом напряжении и фильтрации воды.

3.9 коэффициент вторичной консолидации c_a : Показатель, характеризующий скорость деформации грунта за счет ползучести его скелета.

3.10 коэффициент бокового давления покоя K_0 : Показатель, характеризующий зависимость между вертикальным и боковым напряжениями.

3.11 коэффициент деформационной анизотропии K_a : Показатель, характеризующий отношение значений одометрических модулей деформации, определенных на образцах, вырезанных из керна в вертикальном (природном) и горизонтальном направлении.

3.12 коэффициент увлажнения грунта $K_{увл} = w/w_{opt}$: отношение влажности насыпного грунта в конструкции к оптимальной влажности грунта при его максимальной у плотности при стандартном уплотнении.

3.13 градиент отжатия поровой жидкости J , МПа/см: Отношение избыточного порового давления к длине пути фильтрации.

4 Общие положения

4.1 Общие требования к лабораторным испытаниям грунтов, оборудованию и приборам, лабораторным помещениям, способы изготовления образцов для испытаний приведены в ГОСТ 30416.

4.2 Способы отбора монолитов и подготовки образцов для испытаний должны обеспечить сохранение их структуры и влажности в соответствии с ГОСТ 12071 и ГОСТ 30416.

4.3 Для испытываемых грунтов должны быть определены физические характеристики по ГОСТ 5180 и гранулометрический состав по ГОСТ 12536.

4.4 В процессе компрессионных испытаний грунтов рекомендуется вести журналы, формы которых приведены в приложении А, а при автоматизации процесса испытаний, результаты испытаний сохраняются в журналах измерений и предоставляются в открытых для чтения форматах, таких как CSV, XML или аналогичных, позволяющих беспрепятственно считывать и обрабатывать информацию различными программными средствами;

4.5 Отчет об испытании должен включать в себя:

- идентификацию образца (номер буровой скважины, номер пробы, номер испытания, глубина отбора и т. п.);
- метод подготовки образца (ненарушенного или нарушенного сложения, предварительное водонасыщение);
- начальные размеры образца;
- физические характеристики грунта;
- таблицу результатов испытания (нагрузки — деформации);
- графики испытаний;
- числовые значения полученных характеристик грунта.

Для всех образцов, помимо определения необходимых физических характеристик, должны быть отмечены характерные особенности (слоистость, наличие включений и др.).

Примечание — При описании образцов рекомендуется руководствоваться нормативными документами, действующими на территории государств, принявших настоящий стандарт.

5 Сущность метода

5.1 Испытания методом компрессионного сжатия проводят в компрессионных приборах, исключающих возможность бокового расширения образца при его нагружении осевой нагрузкой.

Метод компрессионного сжатия включает в себя компрессионные и консолидационные испытания грунтов. По результатам компрессионных испытаний определяется зависимость

деформации образца от нагрузки.

5.2 Компрессионные испытания проводят для определения коэффициента сжимаемости m_0 , секущего одометрического модуля деформации E_{oed} , начального одометрического модуля деформации E_{oed}^0 , модуля повторного нагружения E_e , эффективного напряжения (давления) предварительного уплотнения σ_c .

5.3 Консолидационные испытания проводят для определения коэффициентов фильтрационной и вторичной консолидации c_v и c_α соответственно. По результатам консолидационных испытаний определяют зависимость деформации от времени при фиксированном значении нагрузки.

5.4 Диапазон напряжений, при котором проводятся компрессионные испытания назначается с учетом нагрузки от сооружения и эффективного напряжения от собственного веса грунта.

Природное эффективное напряжение от собственного веса грунта определяется в соответствии с нормативными документами, действующими на территории государств, проголосовавших за принятие настоящего стандарта.

5.5 При консолидационных испытаниях значение фиксированной ступени напряжения определяется как сумма эффективного напряжения от собственного веса грунта и нагрузки от сооружения.

5.6 Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью, принудительно водонасыщенные образцы или модельные образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности по ГОСТ 30416.

5.7 Образец грунта должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм, и отношение диаметра к высоте должно составлять от 2,8 до 3,5. Максимальный размер фракции грунта (включений, агрегатов) в образце должен быть не более 1/5 высоты образца.

6 Оборудование и приборы

6.1 В состав установки для испытания грунта методом компрессионного сжатия должны входить:

- одометр, включающий рабочее кольцо, корпус, перфорированный вкладыш и перфорированный штамп;
- механизм для осевого нагружения образца грунта;
- устройство для измерения осевых деформаций образца грунта.

В компрессионном приборе дополнительно может быть предусмотрена возможность измерения порового давления с одного из торцов образца, бокового давления грунта на стенки рабочего кольца, приложения противодействия с одного или обоих торцов образца.

6.2 Конструкция компрессионного прибора должна обеспечивать:

- невозможность поперечного расширения образца грунта

- герметичность деталей прибора;
- центрированную передачу нагрузки на штамп;
- первоначальную нагрузку на образец от штампа и закрепленных на нем измерительных приборов не более 0,0025 МПа;
- перфорация вкладыша и штампа должна обеспечивать свободный отток отжимаемой воды из образца.

6.3 Погрешности средств измерения должны соответствовать требованиям ГОСТ 30416.

Погрешность измерения осевого усилия не должна превышать величин, указанных в таблице 1.

Таблица 1 — Погрешности измерения осевого усилия

Диапазон измерения осевого напряжения, МПа	Допустимая погрешность осевого усилия, Н
$\leq 0,025$	10
$> 0,025$	50

Погрешность измерения давления не должна превышать величин, указанных в таблице:

Таблица 2 — Погрешности измерения давления

Диапазон измерения давления, МПа	Допустимая погрешность давления, МПа
≤ 2	0,01
≤ 4	0,02
≤ 10	0,05

Погрешность измерения осевой деформации не должна превышать 0,1% от начальной высоты образца.

6.4 Измерительные устройства (приборы) должны обеспечивать измерения с дискретностью (ценой деления для механических, разрешающей способностью для электронных) не более:

- при измерении осевой нагрузки на образец — 2 % максимальной нагрузки при испытании;
- при измерении давления — 2 % максимального давления при испытании;
- при измерении осевой деформации — 0,05 % начальной высоты образца.

6.5 Компрессионные приборы тарируют на сжатие с помощью металлического вкладыша, снабженного такими же фильтрами, как и при основных испытаниях. Максимальное давление при тарировке принимают в зависимости от конструкции прибора и предельных нагрузок при испытаниях, но не менее 1,0 МПа, нагружение проводят ступенями по 0,05 МПа на первых двух ступенях и далее по 0,1 МПа с выдержкой по 2 мин. При испытаниях с разгрузкой необходимо также выполнить тарировку по ветви разгрузки.

Допускается проведение тарировки ступенями нагрузок, заданными программой испытания.

7 Подготовка к испытанию

7.1 Образец грунта изготавливают с учетом требований, изложенных в 5.6.

7.2 Образец в рабочем кольце взвешивают, покрывают с торцов влажными фильтрами и помещают в цилиндрическую обойму компрессионного прибора.

7.3 Выполняют следующие операции:

- подготовленный образец грунта помещают в одометр;
- собранный одометр устанавливают под механизм для осевого нагружения образца грунта;
- подключают устройства для измерения осевых деформаций образца;
- записывают начальные показания приборов.

7.4 При необходимости, если это предусмотрено программой работ, перед испытанием проводят водонасыщение образца. Для исключения возможного разуплотнения грунта водонасыщение проводят под арретиром. Насыщение образца водой проводят путем фильтрации воды снизу вверх. Для глинистых грунтов водонасыщение проводят не менее 2 суток, для песков — до момента появления воды над штампом и прекращения вытеснения пузырьков воздуха из образца. Водонасыщение образца может быть также проведено в рабочем кольце в специальной вакуумной установке.

8 Проведение компрессионных испытаний

8.1 При компрессионных испытаниях нагружение образца проводят путем ступенчатого нагружения статической нагрузкой. Ступени нагрузки прикладывают равномерно, без ударов.

8.2 При испытании песков, в том числе заторфованных и с примесью органического вещества, первую ступень давления принимают не более значения, указанного в зависимости от коэффициента пористости по таблице 3, а при испытании глинистых грунтов — в зависимости от показателя текучести I_L по таблице 4. Последующие ступени давления принимают путем удвоения значения предыдущей ступени.

Таблица 3 — Значение первой ступени давления в зависимости от коэффициента пористости

Коэффициент пористости e	$e \geq 1,0$	$1,0 > e \geq 0,75$	$0,75 > e > 0,6$	$e \leq 0,60,6$
Первая ступень давления σ , МПа	0,005	0,0125	0,025	0,05

Таблица 4 — Значение первой ступени давления в зависимости от показателя текучести

Показатель текучести I_L	$I_L \geq 1,0$	$1,0 > I_L \geq 0,75$	$0,75 > I_L \geq 0,5$	$0,5 > I_L \geq 0,25$	$I_L < 0,25$
Первая ступень давления σ , МПа	0,005	0,0125	0,025	0,05	0,1

Примечания к таблицам 3 и 4

1 Программой исследований могут быть обоснованы иные ступени давления, исходя из особенностей деформирования грунта, условий отсыпки и условий возведения сооружения.

2 Ступени давления на образцы крупнообломочных грунтов принимаются по составу заполнителя.

8.3 В процессе проведения испытания конечное давление доводят до заданного программой значения (см. 5.4). При этом общее число ступеней должно быть не менее пяти.

8.4 На каждой ступени нагружения образца регистрируют показания приборов для измерения осевых перемещений в следующей последовательности: первое показание - сразу после приложения нагрузки, затем через 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом 1 ч в течение рабочего дня, а затем - в начале и конце рабочего дня.

Примечание — Указанное время снятия показаний может быть несколько изменено для удобства построения кривой консолидации методом «квадратного корня из времени» (см. 8.5, 9.1).

8.5 Для водонасыщенных в условиях природного залегания глинистых, органоминеральных и органических грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, и грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние (см. 7.4), время окончания уплотнения образца на данной ступени нагружения определяют как время завершения 100%-ной фильтрационной консолидации. Для этого в процессе испытания строят график зависимости деформации образца во времени - кривую консолидации, которую обрабатывают методом «квадратного корня из времени» или логарифмическим методом и определяют время окончания фильтрационной консолидации t_{100} (см. приложение Б).

Примечание — Допускается уплотнение образца на данной ступени нагружения продолжать до момента достижения условной стабилизации деформации образца, за критерий которой принимают ее приращение, не превышающее 0,05 % за время, указанное в таблице 5.

8.6 Для глинистых, органоминеральных и органических грунтов с коэффициентом водонасыщения $S < 0,85$, а также несвязных грунтов уплотнение образца на данной ступени нагружения продолжают до момента достижения условной стабилизации деформации образца.

За критерий условной стабилизации деформации образца принимают ее приращение, не превышающее 0,05 % за время, указанное в таблице 5.

Таблица 5 — Время условной стабилизации деформации образца грунта

Грунты	Время, ч
Пески	0,5
Глинистые: - супеси - суглинки с $I_p < 12\%$ - суглинки с $I_p \geq 12\%$ - глины с $I_p < 22\%$ - глины с $I_p \geq 22\%$	3 6 12 12 18
Органоминеральные и органические	24
Примечание — Время условной стабилизации деформации образцов крупнообломочных грунтов принимается по составу заполнителя.	

8.7 При испытании насыпных грунтов с заданными плотностью и влажностью ступени давления и время их выдержки принимают по 8.2, 8.4 и 8.6 или в соответствии с программой испытаний в зависимости от начального коэффициента увлажнения грунта $K_{увл}$ (см. таблицу 6), определяемого как отношение влажности насыпного грунта в конструкции к оптимальной влажности грунта при его максимальной u плотности при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733.

Таблица 6 — Ступени давления и время их выдерживания в зависимости от коэффициента увлажнения грунта

Коэффициент увлажнения грунта $K_{увл}$	Давление σ_a , МПа	Время выдерживания ступеней Δt_i , ч
<1,2	0,02	1
1,20-1,25	0,015	3
1,26-1,35	0,010	10
>1,35	0,010	24
Примечание — Ступени нагрузки выдерживают до условной стабилизации деформации в соответствии с 7.2.6.		

8.8 Для определения модуля деформации повторного нагружения E_e в процессе испытания производится разгрузка образца грунта, а затем повторное нагружение (см. рисунок Б.2 приложения Б). Диапазон давлений, при которых начинается и завершается разгрузка, определяется заданием. Минимальное давление разгрузки не должно быть менее

10 кПа. Повторное нагружение проводят в последовательности, аналогичной последовательности первого нагружения. Число ступеней при разгрузке допускается уменьшить. Интервалы для регистрации деформации образца и критерии стабилизации при разгрузке и повторном нагружении принимают такими же, как и при прямом нагружении.

8.9 По специальному заданию для определения коэффициента деформационной анизотропии K_a проводятся парные компрессионные испытания. Образцы для таких испытаний вырезаются из одного монолита грунта в вертикальном (природном) и горизонтальном положении оси образца. Вертикальный одометрический модуль деформации E_{oed} и горизонтальный — E_{oedH} определяются для одного и того же интервала давлений, определяемого заданием.

8.10 После окончания испытания необходимо снять нагрузку, убрать арретир, разобрать одометр, взвесить рабочее кольцо с грунтом и определить плотность и влажность грунта.

8.11 Компрессионные испытания с постоянной скоростью деформации проводят в соответствии с приложением В.

8.12 Компрессионные испытания с измерением бокового давления проводят в соответствии с приложением Г.

9 Проведение консолидационных испытаний

9.1 Консолидационные испытания проводят путем осевого нагружения образца в условиях компрессионного сжатия.

9.2 Консолидационные испытания проводятся в условиях открытого дренажа. Условия дренирования образца (одностороннее или двухстороннее) должны быть указаны в программе испытаний.

9.3 Давление на образец при консолидационных испытаниях прикладывают в две ступени:

- ступень реконсолидации, равная эффективному напряжению от собственного веса грунта, выдерживается до условной стабилизации деформации согласно 8.5;
- ступень консолидации, прикладываемая сверх предыдущей ступени реконсолидации, величина ступени определяется по заданию с учётом ожидаемой нагрузки от сооружения — выдерживается до получения необходимого количества точек на графике консолидации в соответствии с приложением Д.

9.4 Деформации образца регистрируют через промежутки времени, указанные в 8.4.

9.5 В процессе испытания для определения коэффициента фильтрационной консолидации c_v строят кривую консолидации в координатах относительная деформация - корень квадратный из времени или используют логарифмическую шкалу времени в соответствии с приложением Д.

При определении коэффициента вторичной консолидации c_α испытание продолжают до гарантированного выхода консолидационной кривой на конечный прямолинейный участок вторичного сжатия (не менее трех точек измерений на участке) (см. рисунок Д.2 приложения Д).

9.6 При определении c_v и c_α насыпных глинистых грунтов с заданными значениями плотности и влажности учитывают при необходимости реальный градиент отжатия поровой жидкости, значение которого задается в программе испытаний.

Давление на образец σ , МПа, при котором будет создан заданный градиент отжатия, вычисляют по формуле

$$\sigma = J \cdot \ell, \quad (1)$$

где J - заданный градиент отжатия, МПа/см;

ℓ - длина пути фильтрации воды из образца, см.

10 Обработка результатов

10.1 Для определения характеристик m_0 , E_{oed} , E^k_{oed} и E_e и K_a по результатам испытания для каждой ступени нагружения вычисляют:

- абсолютную осевую стабилизированную деформацию образца грунта Δh , мм, как показание устройства измерения осевого перемещения за вычетом тарировочной поправки
- относительную осевую деформацию образца грунта $\varepsilon_i = \Delta h_i / h_i$;
- коэффициент пористости грунта e_i при напряжениях σ_i по формуле

$$e_i = e_0 - \varepsilon_i (1 + e_0). \quad (2)$$

10.2 По вычисленным значениям строят график зависимости $\varepsilon = f(\sigma)$ или $e = f(\sigma)$ (см. приложение В).

10.3 Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа, на каждой ступени нагрузки от σ'_{i-1} до σ'_{i+1} вычисляют с точностью 0,001 МПа по формуле

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{\sigma'_{i+1} - \sigma'_i} \quad (3)$$

где e_i и e_{i+1} - коэффициенты пористости, соответствующие напряжениям σ'_{i-1} до σ'_{i+1} .

10.4 Одометрический модуль деформации E_{oed} в заданном интервале напряжений $\Delta \sigma'$ (секущий модуль) вычисляют с точностью до 1,0 МПа по формуле

$$E_{oed} = \frac{\Delta \sigma'}{\Delta \varepsilon} \quad (4)$$

или

$$E_{oed} = \frac{1 + e_0}{m_0}, \quad (5)$$

где $\Delta \varepsilon$ - изменение относительной деформации, соответствующее $\Delta \sigma'$;

m_0 - коэффициент сжимаемости, соответствующий $\Delta \sigma'$.

10.5 Начальный одометрический модуль деформации E_{oed}^0 определяется (см. приложение Е) в интервале напряжений от эффективного вертикального бытового давления грунта от собственного веса на глубине отбора образца, до давления, превышающего бытовое на величину, соответствующую первой ступени для песков согласно таблице 1, для глинистых грунтов согласно таблице 2, и для насыпных грунтов согласно таблице 4, по формуле

$$E_{oed}^0 = \frac{(\sigma'_{zg+1} - \sigma'_{zg})}{(\varepsilon_{zg+1} - \varepsilon_{zg})}, \quad (6)$$

где σ'_{zg} - вертикальное эффективное напряжение от собственного веса грунта, МПа;

σ'_{zg+1} - вертикальное эффективное напряжение от собственного веса грунта плюс приращение, соответствующее минимальной ступени нагрузки, МПа;

ε_{zg} - относительная деформация, соответствующая вертикальному эффективному напряжению от собственного веса грунта σ'_{zg} ;

ε_{zg+1} - относительная деформация, соответствующая вертикальному эффективному напряжению σ'_{zg+1} ;

Для этого в программу испытаний вносят соответствующие ступени нагружения (см. приложение Е). Величину приращения напряжения следует назначать так, чтобы приращение деформации на ступени составило не менее 0,5% начальной высоты образца. Если приращение деформации на ступени ε_{zg+1} составило менее 0,5% начальной высоты образца, то σ'_{zg+1} следует увеличить.

10.6 Определение модуля повторного нагружения E_e определяется из графика зависимости $\varepsilon_1 = f(\sigma_1)$ (см. рисунок В.1 приложения В) по формуле

$$E_e = \frac{(\sigma'_{1B} - \sigma'_{1A})}{(\varepsilon_{1B} - \varepsilon_{1A})}, \quad (7)$$

где σ'_{1A} - осевое напряжение, соответствующее точке разгрузки (точка А на рисунке В.2 приложения В);

σ'_{1B} - осевое эффективное напряжение, соответствующее точке пересечения кривых разгрузки и повторного нагружения (точка В на рисунке В.2 приложения В);

ε_{1A} - деформация, соответствующая максимальной разгрузке образца (точка А на рисунке В.2 приложения В);

ε_{1B} - деформация, соответствующая точке пересечения ветви кривых разгрузки и повторного нагружения (точка В на рисунке В.2 приложения В).

10.7 Коэффициент деформационной анизотропии K_a определяется по формуле

$$K_a = \frac{E_{oed}}{E_{oedH}}, \quad (8)$$

где E_{oed} - одометрический модуль деформации грунта, определяемый по результатам испытания образца, вырезанного в вертикальном направлении, МПа;

E_{oedH} - одометрический модуль деформации грунта, определяемый по результатам испытания образца, вырезанного в горизонтальном направлении, МПа.

10.8 Определение коэффициента фильтрационной консолидации c_v и коэффициента вторичной консолидации c_α приведено в приложении Б.

10.9 Обработка компрессионной кривой в логарифмическом масштабе напряжений для определения параметров Казагранде приведено в приложении Д.

10.10 Определение коэффициента бокового давления K_0 и коэффициента поперечной деформации ν приведено в приложении Г.

10.11 Обработка результатов компрессионных испытаний с постоянной скоростью деформации приведена в приложении В.

Приложение А
(рекомендуемое)

Форма журнала испытаний грунта методом компрессионного сжатия

Организация _____

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТА МЕТОДОМ КОМПРЕССИОННОГО СЖАТИЯ

Объект (пункт) _____

Сооружение _____

Выработка (скважина, шурф и т.д.) Тип, № _____

Глубина отбора образца, м _____

Лабораторный номер образца _____

Наименование грунта по ГОСТ 25100 _____

Сложение грунта _____

Визуальное описание грунта в лаборатории _____

Вид испытания _____

Прибор (тип, номер) _____

Схема испытания _____

Схема фильтрации _____

Сведения о замачивании _____

Жидкость для замачивания (фильтрации) _____

Дата испытаний: начало _____ окончание _____

Данные о рабочем кольце (образце):

высота, мм _____

диаметр, мм _____

площадь, см² _____

объем, см³ _____

масса, г _____

масса с грунтом, г _____

масса образца, г _____

Физические характеристики грунта

Характеристика	Значение		Примечание
	до опыта	после опыта	

Журнал испытания грунта методом компрессионного сжатия при статическом нагружении

Номер образца

			Дата испытания
			Температура испытания T , °C
			Время сжатия отсчета t , ч
			Время от начала опыта t , ч
			Номер ступени нагружения
			Давление на образец грунта σ_i , МПа
			Давление σ_{sr} , МПа
			Абсолютная деформация Δh , мм
			Поправка деформации прибора Δ , мм
			Абсолютная деформация с учетом поправки $\Delta h_j - \Delta$, мм
			Относительная деформация образца ε
			Примечание

Обработка кривой консолидации методом «корень квадратный из времени»

Давление σ_i , МПа	
Высота образца h , мм	
Общая деформация Δh , мм	
Деформация за ступень нагрузки Δh_i , мм	
Относительная деформация за ступень нагрузки ε_i	
Время от начала приложения ступени нагрузки t , мин	
Корень квадратный из времени $\bar{t}$, мин	
Время, соответствующее 90%-й фильтрационной консолидации t_{90}	
Время, соответствующее 100%-й фильтрационной консолидации t_{100}	
Коэффициент фильтрационной консолидации C_v , см ² /мин (см ² /год)	

Обработка кривой консолидации логарифмическим методом

[illegible]

Журнал испытания грунта методом компрессионного сжатия с постоянной скоростью деформаций

Дата / время испытания	Приложенное осевое напряжение, σ_a , кПа	Избыточное поровое давление, u_b , кПа	Скорость деформации, $\dot{\epsilon}$, 1/с	Коэффициент порового давления u_b/σ'_a	Абсолютная деформация образца Δh , мм	Поправка на деформацию прибора Δ , мм	Относительная осевая деформация образца ϵ	Примечание

Приложение Б
(рекомендуемое)

Образец графического оформления результатов испытания грунтов методом
компрессионного сжатия

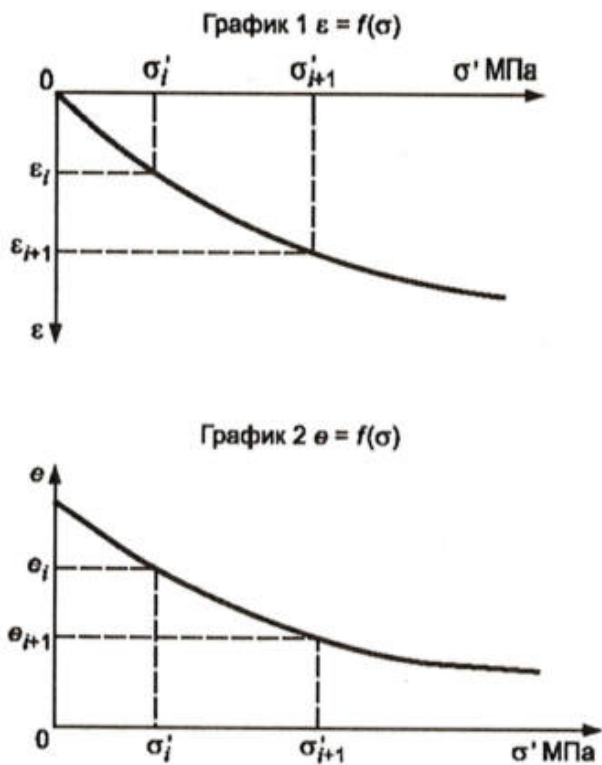


Рисунок Б.1 – Графики испытания методом компрессионного сжатия

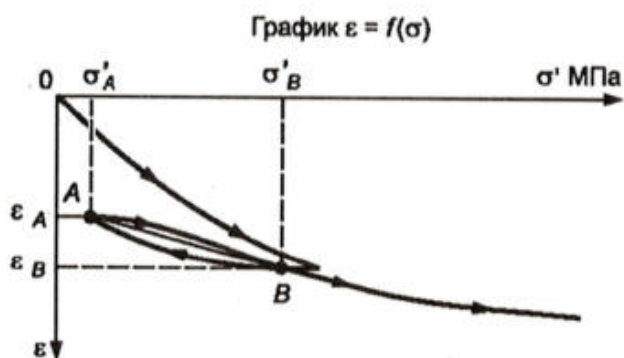


Рисунок Б.2 — График испытания методом компрессионного сжатия с определением модуля
повторного нагружения

Приложение В
(рекомендуемое)

Метод компрессионных испытаний с постоянной скоростью деформации

В.1 Сущность метода

1 Метод применяется для определения характеристик деформируемости дисперсных грунтов в условиях компрессионного сжатия с постоянной скоростью деформации.

2 Этот метод не применим для грунтов с высокой проницаемостью, таких, как пески и другие крупнозернистые грунты, а также частично водонасыщенных связных грунтов.

3 Метод основан на следующих предположениях:

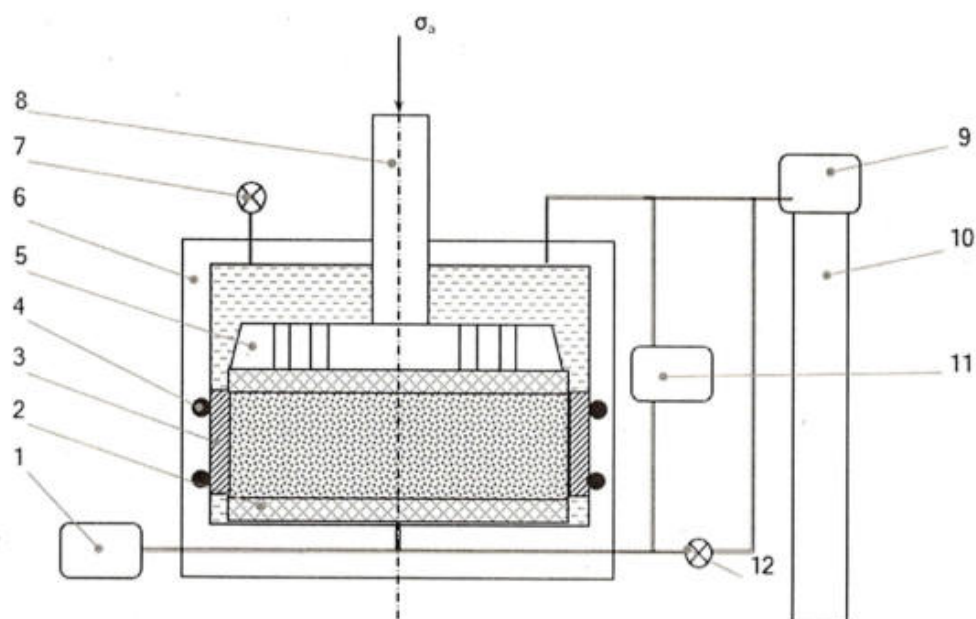
- дренирование поровой воды в грунте одностороннее, только в осевом направлении;
- грунт практически полностью водонасыщен, показатель степени водонасыщения S_r не менее 0,9;

- сжимаемость зерен грунта и воды пренебрежимо мала;

4 Испытание грунта методом компрессионного сжатия с постоянной скоростью деформации проводят для определения следующих характеристик деформируемости:

- коэффициента фильтрационной консолидации c_v ;
- эффективное давление предварительного уплотнения σ'_c ;

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одометре с измерением порового давления в компрессионном приборе, снабженном системой противодействия (см. рисунок В.1). Измерение избыточного порового давления возможно с помощью дифференциального датчика давления, либо абсолютного датчика давления при условии обеспечения не превышения заданной погрешности измерений.



1 – датчик порового давления; 2 – пористые диски; 3 – кольцо одометра; 4 – уплотнения; 5 – перфорированный штамп; 6 – корпус одометра; 7 – кран выпуска воздуха; 8 – шток; 9 – датчик противодействия; 10 – блок противодействия; 11 – дифференциальный датчик давления; 12 – кран-байпас

Рисунок В.1 – Принципиальная схема одометра для компрессионных испытаний с контролируемой скоростью деформации

5 Диапазон давлений, до которых проводят испытания, определяется программой испытаний в соответствии с разделом 8.

6 Для испытаний используют образцы грунта нарушенного или ненарушенного сложения в водонасыщенном состоянии.

В.2 Процедура испытаний

1 Собрать одометр, избегая вовлечения любого количества воздуха в пористые диски и образец грунта.

2 Поставить одометр в механизм для осевого нагружения, установить устройство для измерения осевых деформаций в начальное или нулевое положение и приложить установочное давление 5 кПа. Для грунтов с $I_L > 0,5$, следует применять установочное давление менее 2,5 кПа.

3 Провести водонасыщение образца противодействием. Противодействие подводится к образцу с двух сторон через открытый кран-байпас. Величина противодействия выбирается в зависимости от природного порового давления на глубине отбора образца.

Если природное поровое давление превышает 300 кПа, то оно прикладывается в одну ступень с ожиданием стабилизации объема жидкости по критерию 0,15% объема образца за 15 минут.

Если природное поровое давление не превышает 300 кПа, то оно прикладывается в две ступени – сначала давление повышается до величины, достаточной для растворения воздуха (как правило не менее 300 кПа), выдерживается до стабилизации объёма, а затем плавно снижается до величины природного порового давления и также выдерживается до стабилизации объёма.

Далее кран-байпас перекрывается для возможности измерения избыточного порового давления, развивающегося на недренированном (нижнем) торце образца сверх противодействия вследствие механического сжатия образца. Противодействие на дренированном (верхнем) торце образца поддерживается постоянным в ходе всего испытания.

Осевое усилие, необходимое для создания осевого напряжения, должно корректироваться с учётом выталкивающего действия противодействия на площадь штока одометра.

4 Выбор скорости деформации. При выбранной скорости деформации величина коэффициента порового давления u_b/σ_a должна находиться в пределах между 5 и 15% в любой период времени в течение испытания. Рекомендуемые значения скорости деформации приведены в таблице 5. Если поровое давление u_b растёт выше 15 % приложенного осевого напряжения, то скорость деформации уменьшают; в противном случае — скорость деформации увеличивают.

Таблица В.1 — Скорости деформации для глинистых грунтов

Тип грунта	Скорость деформации, 1/с
Суглинки и глины:	
- текучие $I_L > 1,0$	$1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-7}$
- текучепластичные $0,75 < I_L < 1,0$	$5 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-6}$
- мягкопластичные $0,5 < I_L < 0,75$	$1 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6}$
Супеси	$5 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-5}$

5 Осевое нагружение. Закрывать кран, соединяющий основание образца с устройством для водонасыщения, и начать прикладывать осевую нагрузку так, чтобы скорость осевой деформации была близка к значениям, приведенным в таблице 5. Записать значения осевой нагрузки, избыточного порового давления, деформации и прошедшего времени через 1-минутные интервалы первые 10 минут, 5-минутные интервалы для следующего часа и 15-минутные интервалы после этого. Количество считываний может быть изменено, но показаний должно быть достаточно для построения кривой «напряжение-деформация». Допускается выполнять более частые считывания, когда встречаются значительные изменения в параметрах испытания.

Продолжить испытание до требуемого осевого напряжения или деформации. Когда осевое нагружение выполнено в соответствии с программой испытаний, позволить рассеяться избыточному поровому давлению при постоянной осевой нагрузке или постоянной деформации, управляя при этом осевой нагрузкой или деформацией.

6 В необходимых случаях по специальному заданию может быть произведена разгрузка образца грунта в последовательности, обратной порядку нагружения, а также повторное испытание грунта на сжимаемость, последовательность которого аналогична последовательности первого нагружения.

Разгрузку образца и его повторное нагружение следует производить при той же постоянной скорости деформации, что и при первичном нагружении так, чтобы сохранялось положительное осевое напряжение. Избыточное поровое давление воды при разгрузке будет отрицательным. При этом

скорость деформации должна быть принята достаточно низкой для того, чтобы давление на основании образца было выше атмосферного давления.

7 После окончания испытания образца грунта необходимо снять нагрузку, разобрать одометр, взвесить рабочее кольцо с грунтом и определить плотность и влажность грунта.

В.3 Обработка результатов

1 Относительную осевую деформацию образца грунта определяют как $\varepsilon_i = \Delta h_i / h_0$, где h_0 - высота образца после реконсолидации.

2 Строят графики зависимости осевого напряжения от осевой деформации и логарифма осевого напряжения от осевой деформации.

В случае, если график в натуральном масштабе более линеен – следует предпочесть линейный закон распределения избыточного порового давления по высоте образца;

В случае, если график в логарифмическом масштабе более линеен – следует предпочесть параболический закон распределения избыточного порового давления по высоте образца;

Среднее эффективное осевое напряжение σ'_a находят, исходя из линейного закона распределения порового давления по формуле

$$\sigma'_a = \sigma_a - \frac{2}{3} u_d = \sigma_a - \frac{2}{3}(u_b - u_t), \quad (B.1)$$

или исходя из параболического закона распределения порового давления по формуле:

$$\sigma'_a = \sqrt[3]{\sigma_a \times [\sigma_a - u_d]^2} = \sqrt[3]{\sigma_a \times [\sigma_a - (u_b - u_t)]^2}, \quad (B.2)$$

где σ_a – приложенное осевое напряжение за вычетом выталкивающего воздействия противодействия на площадь штока;

u_t - противодействие;

u_b - поровое давление на основании образца;

$u_d = u_b - u_t$ - дифференциальное (избыточное) поровое давление сверх противодействия.

3 Коэффициент фильтрационной консолидации c_v вычисляют при измеренном избыточном поровом давлении более 3 кПа, в выбранном интервале осевого напряжения, по формуле

$$c_v = \frac{h^2 \cdot \Delta \sigma'_a}{2 \cdot \Delta t \cdot \Delta u_d}, \quad (B.3)$$

для линейного закона, и по формуле

$$c_v = \frac{h^2 \cdot \lg\left(\frac{\sigma_{a2}}{\sigma_{a1}}\right)}{2 \cdot \Delta t \cdot \lg\left(1 - \frac{u_d}{\sigma_a}\right)}, \quad (B.4)$$

для логарифмического закона,

где σ_{a1} - приложенное осевое напряжение при времени t_1 ;

σ_{a2} - приложенное осевое напряжение при времени t_2 ;

h - средняя высота образца в интервале времени между t_1 и t_2 ;

Δt - интервал времени между t_1 и t_2 ;

u_d - среднее избыточное (дифференциальное) поровое давление в интервале времени t_1 и t_2 ;

σ_a - среднее полное осевое напряжение в интервале времени t_1 и t_2 .

Значения c_v следует вычислять между последовательными измерениями и присваивать значение c_v для среднего значения σ'_a между двумя измерениями.

Если значения эффективного осевого напряжения существенно не меняются между последовательными измерениями, временной интервал следует увеличить.

4 Эффективное напряжение предварительного уплотнения σ'_c определяется как минимальное значение функции «коэффициент порового давления – среднее эффективное осевое напряжение» (см. рисунок В.2).

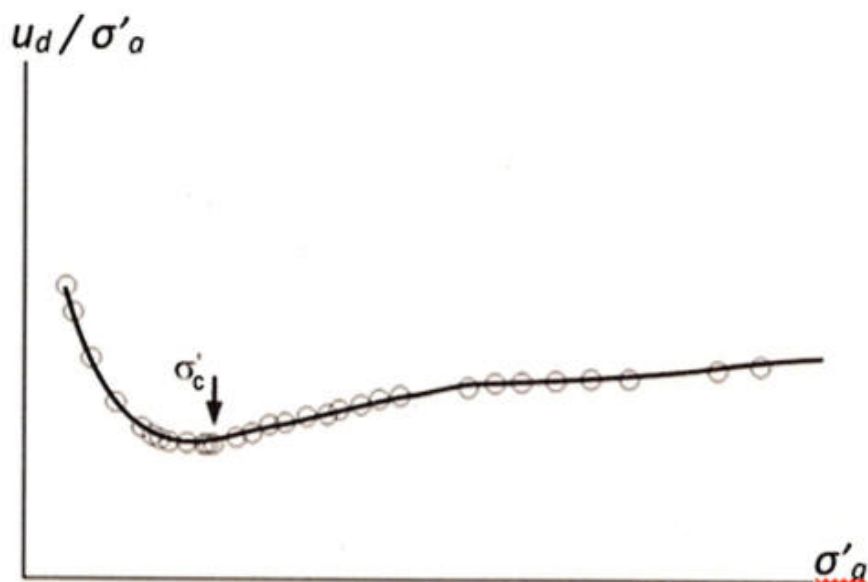


Рисунок В.2 — Определение эффективного напряжения предварительного уплотнения из графика зависимости коэффициента порового давления от среднего эффективного осевого напряжения

Приложение Г (рекомендуемое)

Метод компрессионных испытаний с измерением бокового давления

Г.1 Испытание грунта методом компрессионного сжатия с измерением бокового давления проводят в условиях дренированного нагружения для определения следующих характеристик деформируемости:

- коэффициент бокового давления покоя K_0 ;
- коэффициент поперечной деформации ν ;
- эффективное напряжение предварительного уплотнения σ'_c ;

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одометре с измерением бокового давления.

Г.2 Диапазон давлений, до которых проводят испытания, определяется программой испытаний в соответствии с разделом 8.

$$K_0 = \frac{\sigma'_r}{\sigma'_a}, \quad (\text{Г.1})$$

где σ'_r , σ'_a - среднее эффективное радиальное напряжение и среднее эффективное осевое напряжение соответственно (см. рисунок Г.1), соответствующие второму участку (АБ) зависимости $\sigma'_r = f(\sigma'_a)$ (см. рисунок Г.2).

Среднее эффективное радиальное напряжение σ'_r находят исходя из линейного закона распределения порового давления по формуле:

$$\sigma'_r = \sigma_r - u_t - \frac{2}{3} u_d = \sigma_r - u_t - \frac{2}{3}(u_b - u_t), \quad (\text{Г.2})$$

или исходя из параболического закона распределения порового давления по формуле:

$$\sigma'_r = \sqrt[3]{[\sigma_r - u_t] \times [\sigma_r - u_t - u_d]^2} = \sqrt[3]{[\sigma_r - u_t] \times [\sigma_r - u_b]^2}, \quad (\text{Г.3})$$

Г.3 Эффективное напряжение предварительного уплотнения σ'_c определяется из билинейной зависимости $\sigma'_r = f(\sigma'_a)$ (см. рисунок Г.1).

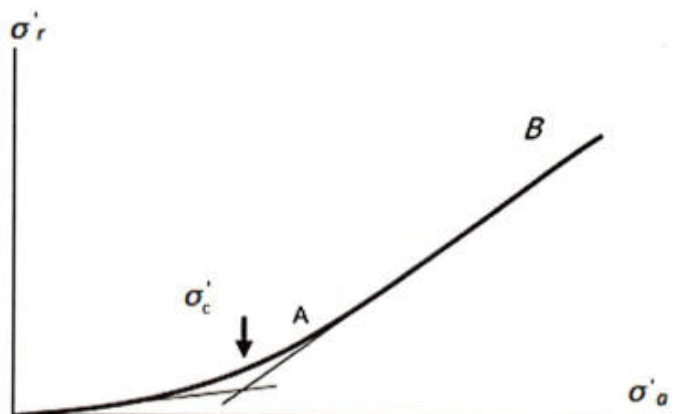


Рисунок Г.1 – Определение давления предварительного уплотнения из графика зависимости радиального эффективного напряжения от осевого эффективного напряжения

Приложение Д
(обязательное)

Определение коэффициентов фильтрационной (первичной) и вторичной консолидации

Д.1 Для определения коэффициента фильтрационной (первичной) консолидации c_v кривую консолидации (см. Б.2) следует обработать методом «квадратного корня из времени» или логарифмическим методом, а при одновременном определении коэффициентов фильтрационной c_v и вторичной c_α (за счет ползучести грунта) консолидации - логарифмическим методом.

На кривой консолидации выделяют участки фильтрационной и вторичной консолидации, а для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности — еще участок дофильтрационной консолидации.

Д.2 Для определения коэффициента фильтрационной консолидации методом «квадратного корня из времени» по результатам испытаний грунта под постоянным давлением строят кривую консолидации в координатах: относительная деформация ε (ордината) - корень квадратный из времени в минутах (абсцисса) (см. рисунок Д.1).

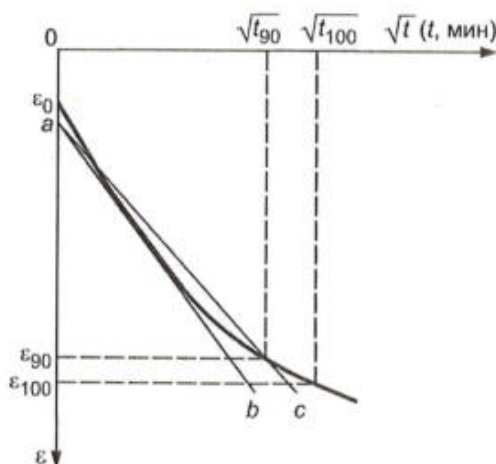


Рисунок Д.1 — График обработки кривой консолидации методом «корень квадратный из времени»

К начальной линейной части кривой (обычно в пределах первых 50 % сжатия) проводят прямую наилучшего приближения ab , а из точки пересечения ab с осью ординат проводят вторую прямую ac , абсциссы которой равны 1,15 соответствующих абсцисс прямой ab .

Пересечение прямой c с экспериментальной кривой определяет время $\sqrt{t_{90}}$, соответствующее степени фильтрационной консолидации 0,90.

Д.3 Коэффициент фильтрационной консолидации c_v , $\text{см}^2/\text{мин}$, вычисляют по формуле

$$c_v = \frac{T_{90} h^2}{t_{90}} f_T, \quad (\text{Д.1})$$

где T_{90} - коэффициент (фактор времени), соответствующий степени консолидации 0,90, равный 0,848;

h - высота образца (средняя между начальной высотой и высотой после завершения опыта на консолидацию), см. При двухсторонней фильтрации принимается высота, равная $h/2$;

t_{90} - время, мин;

f_T - температурный поправочный коэффициент (см. Б.4).

Для определения времени 100%-ной фильтрационной консолидации $\sqrt{t_{100}}$ предварительно вычисляют деформацию сжатия $\varepsilon_{100} = \varepsilon_{90} / 0,9$. Из точки ε_{100} проводят горизонтальную прямую до пересечения с кривой консолидации и находят соответствующее значение $\sqrt{t_{100}}$.

Д.4 Если температура в лаборатории отличается от 20 °С более, чем на $\pm 2^\circ\text{C}$, необходимо вводить температурную поправку f_T для приведения результатов к 20 °С в соответствии с таблицей Д.1.

Таблица Д.1 — Значения температурной поправки

Температура, °С	10	15	20	25	30
Температурная поправка f_T	1,3	1,15	1,0	0,9	0,8

Д.5 Для определения значений c_v и c_α логарифмическим методом строят кривую консолидации в координатах: относительная деформация ε (ордината) - время t , мин, откладываемое на логарифмической шкале (абсцисса) (см. рисунок Б.2).

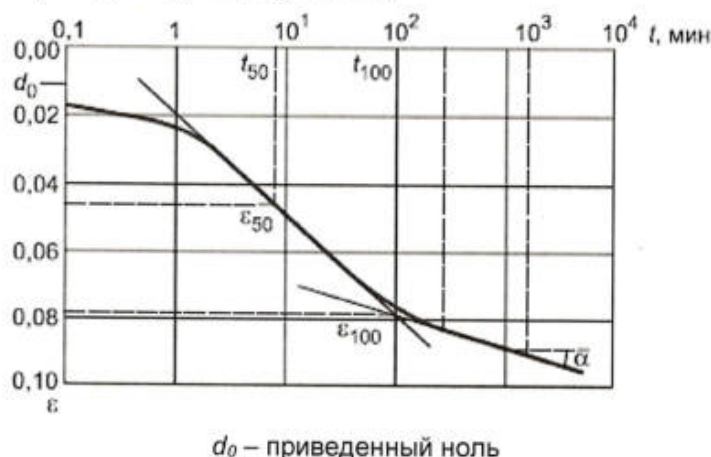


Рисунок Д.2 — График обработки кривой консолидации логарифмическим методом

Д.6 На кривой консолидации (см. рисунок Б.2) нужно найти значение относительной деформации, соответствующее нулевому первичному сжатию (откорректированный ноль компрессии d_0). Для этого на начальной части кривой выбирают точки с абсциссами логарифма времени $\lg(1,26) = 0,1$ и $\lg(2,51) = 0,4$. Разность ординат данных точек, отложенная выше начальной точки графика, определит приведенный ноль d_0 .

Д.7 По кривой консолидации находят деформацию, соответствующую 100%-ному фильтрационному сжатию при заданной нагрузке. Для этого проводят и продлевают две касательные: к самой крутой части кривой (т. е. в точке перегиба) и к конечному условно линейному участку кривой. Точка пересечения этих касательных соответствует 100%-ному первичному сжатию грунта. Сжатие, следующее за 100%-ным первичным сжатием, определяется как вторичное сжатие за счет деформаций ползучести.

Д.8 Для определения коэффициента фильтрационной консолидации c_v логарифмическим методом определяют время, требуемое для 50%-ного первичного сжатия. Для этого вычисляют

деформацию, соответствующую 50%-ному первичному сжатию ε_{50} , равную среднеарифметическому значению деформаций, соответствующих нулевому d_0 и 100%-ному сжатию ε_{100} . Точку ε_{50} проецируют на кривую и тем самым находят соответствующее время t_{50} .

Коэффициент фильтрационной консолидации c_v , см²/мин (см²/год), вычисляют по формуле

$$c_v = \frac{T_{50} h^2}{t_{50}} f_T, \quad (\text{Б.2})$$

где T_{50} - коэффициент (фактор времени), соответствующий степени консолидации 0,5, равный 0,197;

h - то же, что и в формуле (Б.1);

t_{50} - время, соответствующее 50%-ному первичному сжатию, мин.

Д.9 Коэффициент вторичной консолидации (безразмерная величина) c_α определяют по тангенсу угла α между условно линейным отрезком кривой на участке вторичной консолидации и прямой, параллельной оси абсцисс (см. рисунок Б.2), по формуле

$$c_\alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{\lg(t_2) - \lg(t_1)}, \quad (\text{Б.3})$$

где $\varepsilon(t_1)$ и $\varepsilon(t_2)$ - значения деформации образца на участке вторичной консолидации;

$\lg(t_1)$ и $\lg(t_2)$ - логарифм времени, соответствующее деформациям $\varepsilon(t_1)$ и $\varepsilon(t_2)$, мин.

Д.10 Для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности кривая консолидации в зависимости от свойств грунтов может иметь три (кривая а) или два (кривая б) участка: дофильтрационной консолидации, фильтрационной консолидации и вторичной консолидации (см. рисунок Д.3).

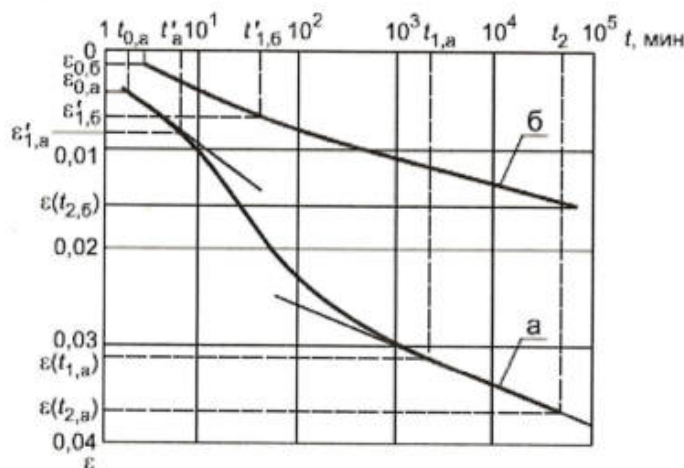
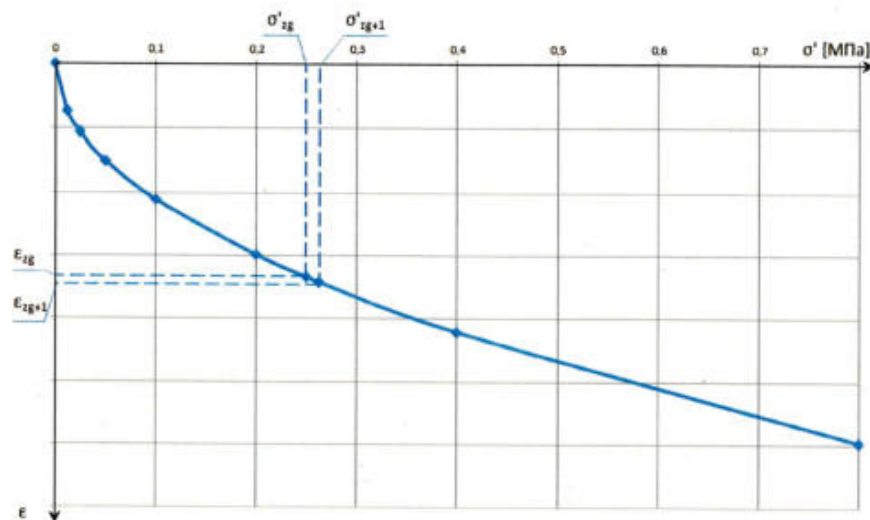


Рисунок Д.3 – Графики кривых консолидации для насыпных грунтов с заданными значениями влажности и плотности

Коэффициент дофильтрационной консолидации c^I_α (кривые а и б) вычисляют по тангенсу угла наклона касательной к первому участку кривых $\varepsilon = f(t)$, окончание которого определяется пересечением касательных к первому и второму участкам кривой, по формуле (Б.3), в которой разность деформаций в числителе заменяют на $(\varepsilon - \varepsilon_0)$, соответствующую времени t и t_0 .

Приложение Е
(рекомендуемое)

Определение начального одометрического модуля деформации



σ' – эффективное осевое напряжение, МПа; ϵ – относительная деформация; σ'_{zg} – природное вертикальное эффективное напряжение, МПа; ϵ_{zg} – величина относительной деформации, соответствующая σ'_{zg}

Рисунок Е.1 – Образец определения начального одометрического модуля деформации из графика зависимости относительной деформации от эффективного осевого напряжения

Приложение Ж
(рекомендуемое)

Определение параметров компрессионной кривой

Для определения параметров компрессионной кривой, представленной экспоненциальной зависимостью, ее логарифмируют:

$$\lg(e_i - e_k) = \lg b - a_H \sigma_i \lg e, \quad (\text{Ж.1})$$

где $\lg e = 0,4343$.

Для определения e_k берут две произвольные точки на компрессионной кривой e_1, σ_1 и e_2, σ_2 . Затем выбирают третью точку $\sigma_3 = 0,5(\sigma_1 + \sigma_2)$ и для нее находят по кривой e_3 . Далее трех прологарифмированных уравнений:

$$\lg \frac{(e_1 - e_k)}{b} = -a_H \lg e \sigma_1, \quad (\text{Ж.2})$$

$$\lg \frac{(e_2 - e_k)}{b} = -a_H \lg e \sigma_2, \quad (\text{Ж.3})$$

$$\lg \frac{(e_3 - e_k)}{b} = -a_H \lg e \sigma_3, \quad (\text{Ж.4})$$

находят значение e_k

$$e_k = \frac{e_1 e_2 - e_3^2}{e_1 + e_2 - 2e_3}, \quad (\text{Ж.5})$$

Для определения параметров a и b разбивают всю совокупность точек компрессионной кривой на две группы. Суммируют каждую группу и составляют два уравнения для первой и второй групп точек:

$$\sum \lg(e_i - e_k) = n \lg b - a_H \lg e \sum \sigma_i, \quad (\text{Ж.6})$$

где n - число членов в каждой группе.

Из двух уравнений находят неизвестные параметры a_H и b .

УДК 642.131.35:006 354

OKC 19.060

Ключевые слова: компрессионные испытания, одометрический модуль деформации, касательный одометрический модуль деформации, давление предварительного уплотнения, коэффициент фильтрационной консолидации

ИСПОЛНИТЕЛЬ:

ООО «НПП Геотек»

Руководитель
разработки

Директор по научной
работе и инновациям

Strong

Г.Г. Болдырев

Ответственный
исполнитель

Руководитель
исследовательского
отдела

А.А. Живаев

