



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 3/08 (2023.05); *E02D 1/00* (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023110840, 26.04.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2023

Дата регистрации:
05.10.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2023

(45) Опубликовано: 05.10.2023 Бюл. № 28

Адрес для переписки:
308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Токтарева Татьяна Михайловна

(72) Автор(ы):

Хаустов Владимир Васильевич (RU),
Игнатенко Игнат Михайлович (RU),
Бредихин Владимир Викторович (RU),
Сварич Николай Викторович (RU),
Игнатенко Екатерина Михайловна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

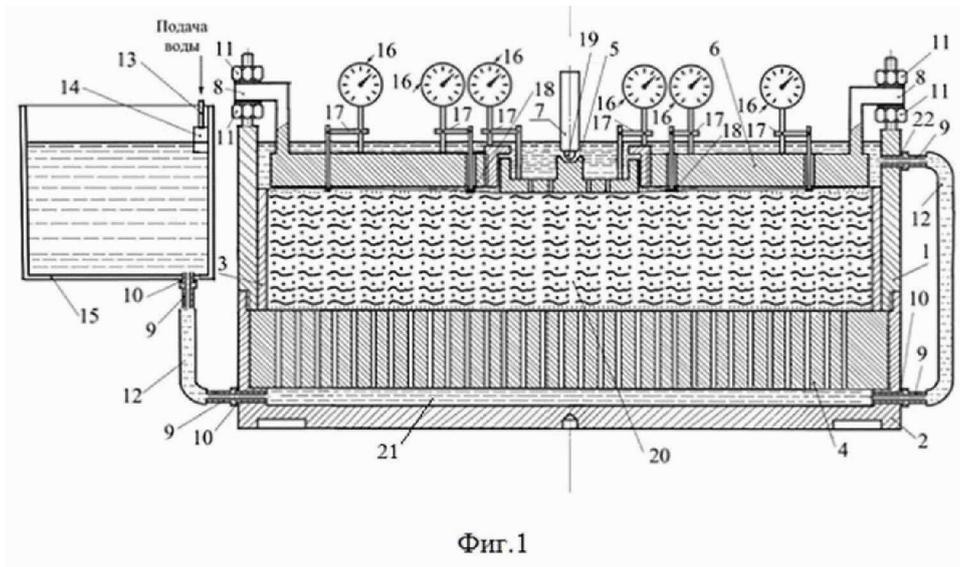
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2686442 C1, 25.04.2019. SU 973702
A1, 15.11.1982. RU 92958 U1, 10.04.2010. RU
2558819 C1, 10.08.2015. CN 207036578 U,
23.02.2018.

(54) Устройство для лабораторного исследования скорости вторичной консолидации грунта

(57) Реферат:

Изобретение относится к области исследований лабораторными методами деформационных свойств грунтов. Устройство содержит обойму для образца грунта, основной и пригрузочный штампы с приспособлениями для их раздельного нагружения, причем в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом. Пригрузочный штамп имеет фиксаторы положения по высоте и на нём расположены индикаторы вертикальных перемещений основного штампа и свободной поверхности образца грунта. Диаметр жесткой обоймы превышает диаметр основного штампа от 4,3 до 6,0 раз; высота образца от 0,88 до 1,11 диаметра основного штампа; диаметр основного

штампа не менее 70 мм. Устройство дополнительно содержит гидравлическую систему для подачи и свободной циркуляции воды, которая включает резервуар для воды, размещенный вне устройства, снабженный трубкой для подачи воды и датчиком уровня воды, водовод в виде трубки, соединяющей резервуар для воды с размещенным под перфорированным вкладышем пространством для воды в корпусе устройства и второй водовод в виде трубки, соединяющий указанное пространство в корпусе устройства с отверстием в верхней части корпуса. Технический результат: повышение точности и достоверности результата лабораторного исследования скорости вторичной консолидации образца грунта. 1 табл., 2 ил.



RU 2804760 C1

RU 2804760 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 3/08 (2023.05); *E02D 1/00* (2023.05)

(21)(22) Application: **2023110840, 26.04.2023**

(24) Effective date for property rights:
26.04.2023

Registration date:
05.10.2023

Priority:

(22) Date of filing: **26.04.2023**

(45) Date of publication: **05.10.2023** Bull. № 28

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
Toktareva Tatyana Mikhailovna**

(72) Inventor(s):

**Khaustov Vladimir Vasilevich (RU),
Ignatenko Ignat Mikhailovich (RU),
Bredikhin Vladimir Viktorovich (RU),
Svarich Nikolai Viktorovich (RU),
Ignatenko Ekaterina Mikhailovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**

(54) **DEVICE FOR LABORATORY STUDY OF THE RATE OF SECONDARY SOIL CONSOLIDATION**

(57) Abstract:

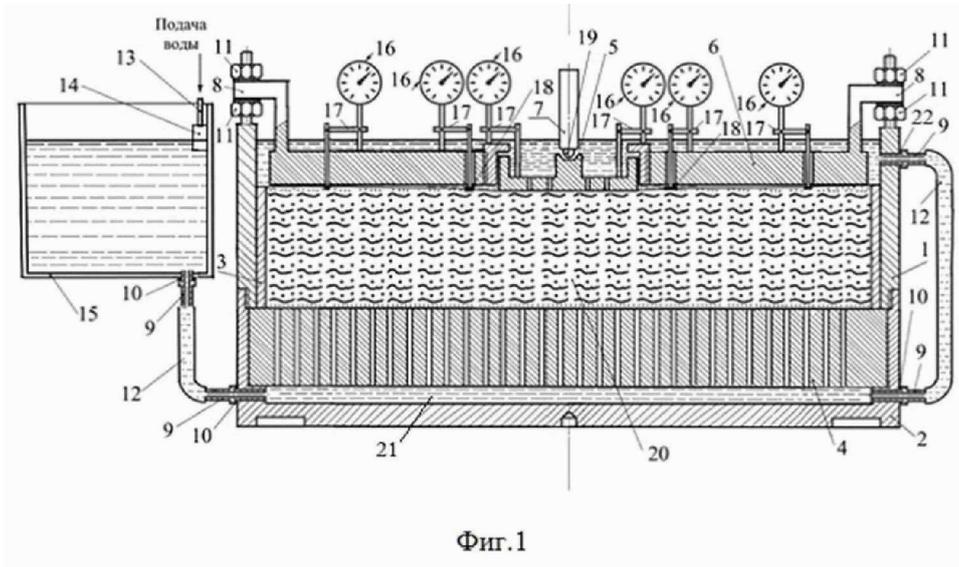
FIELD: soils research.

SUBSTANCE: research by laboratory methods of the deformation properties of soils. The device contains a holder for a soil sample, the main and loading dies with devices for their separate loading, and protrusions and corresponding grooves are formed in the loading and main dies for interacting with each other. The loading die has height position locks and indicators of vertical displacements of the main die and the free surface of the soil sample are located on it. The diameter of the rigid holder exceeds the diameter of the main die from 4.3 to 6.0 times; sample height is from 0.88 to 1.11 of the main die diameter; diameter of the main die is not less than 70 mm. The device additionally contains

a hydraulic system for supplying and free circulation of water, which includes a water tank located outside the device, equipped with a tube for water supply and a water level sensor, a conduit in the form of a tube connecting the water tank with a water space located under the perforated liner in the device body and a second conduit in the form of a tube connecting this space in the body of the device with an opening in the upper part of the body.

EFFECT: increased accuracy and reliability of the result of a laboratory study for the rate of a soil sample secondary consolidation.

1 cl, 1 tbl, 2 dwg



RU 2804760 C1

RU 2804760 C1

Изобретение относится к инженерным изысканиям в строительстве при исследовании лабораторными методами деформационных свойств грунтов до начала строительства и при реконструкции старых зданий и сооружений.

5 Известно устройство для компрессионного сжатия, которое позволяет исследовать процесс вторичной консолидации грунта и определить коэффициент вторичной консолидации (ГОСТ 12248-2010. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М., Стандартинформ, 2012 г., 78 с.), которое состоит из рабочего кольца, цилиндрической обоймы, перфорированных вкладыша под рабочее кольцо и штампа и поддона с ёмкостью для воды. Недостаток устройства состоит в том, что в процессе испытания проявляется малая доля деформаций вторичной консолидации, а именно только объёмная консолидация. Недостатком является то, что при помощи данного устройства невозможно определять сдвиговую ползучесть, т.е. боковое расширение образца при его нагружении вертикальной нагрузкой.

15 Известно устройство для испытания грунта на сжимаемость, включающее обойму для образца грунта, основной и пригрузочный штампы с приспособлениями для их раздельного нагружения и измеритель деформаций, где в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом; приспособление для нагружения пригрузочного штампа выполнено в виде рычажной системы с регулируемым стопором и снабжено измерителем усилий, взаимодействующим с регулируемым стопором посредством рычага нагрузочного приспособления (Авторское свидетельство СССР. 1423937, м. кл. G 01 N 3/08, БИ №34, 15.09.1988 г.).

25 Основной недостаток указанного устройства заключается в том, что основной штамп ограничен по размеру, то есть прибор допускает только частичное проявление боковых деформаций, что приводит к низкой информативности испытания, точности и достоверности получаемых результатов.

30 Наиболее близким аналогом является устройство для испытания грунта на сжимаемость, содержащее обойму для образца грунта, основной и пригрузочный штампы с приспособлениями для их раздельного нагружения и измеритель деформаций, в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом, приспособление для нагружения пригрузочного штампа выполнено в виде рычажной системы с регулируемым стопором и снабжено измерителем усилий, взаимодействующим с регулируемым стопором посредством рычага нагрузочного приспособления, пригрузочный штамп имеет фиксаторы положения по высоте и на нём располагаются индикаторы вертикальных перемещений основного штампа и свободной поверхности образца грунта; диаметр жесткой обоймы превышает диаметр основного штампа.

40 Принцип работы устройства следующий. На основание корпуса 2 с перфорированным вкладышем 4 крепится корпус 1. Образец грунта 9, как правило, ненарушенной структуры, в обойме 3, устанавливаются на перфорированный вкладыш 4. На выровненную, плоскую поверхность образца грунта устанавливают пригрузочный штамп 6. Положение пригрузочного штампа 6 фиксируют с помощью консоли 8 и гаек 11. Если испытывают набухающие грунты требуемой консистенции, отличной от природной, с помощью гаек создают необходимый зазор между пригрузочным штампом и поверхностью образца для набухания, либо производят постепенное обжатие для уменьшения влажности. Вертикальную нагрузку к перфорированному основному штампу 5 передают штоком 7 через металлический шарик 14. Вся нагрузку

прикладывают сразу. По индикаторам 10, установленным с помощью держателей 12, отслеживают вертикальные перемещения штампа 5 и поверхностных марок 13. При нагружении основного штампа вертикальные перемещения поверхности образца за пределами штампа не контролируют. Это снижает информативность испытания. В начальной стадии нагружения за пределами основного штампа образуется осадочная воронка, а при наступлении предельного состояния возможен выпор грунта. Для проявления боковых деформаций принимают, что диаметр основного штампа должен быть не менее 70 мм, как это требует ГОСТ 12248-2010 (Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М., Стандартинформ, 2012 г., 78 с.) для одометра. Диаметр пригрузочного штампа должен быть больше диаметра основного штампа от 4,3 до 6,0 раз. Высота образца должна составлять от 0,88 до 1,11 диаметра основного штампа. Размер основного штампа в данном случае имеет значение, поскольку глинистые грунты природной структуры неоднородны и могут содержать различные включения. (Патент RU 2686442, G 01 N 3/08 (2019/02), 05.06.2018).

Основной недостаток указанного устройства заключается в том, что его использование не позволяет получить достаточную точность и достоверность результата лабораторного исследования скорости вторичной консолидации образца из-за того, что образец грунта в этом приборе подвергается высыханию и усадке, поскольку опыт на вторичную консолидацию может продолжаться несколько месяцев, а увлажнение образца не предусмотрено. Усадка приводит к искажению процесса вторичной консолидации.

Задачей изобретения является устранение недостатка прототипа.

Техническим результатом изобретения является повышение точности и достоверности результата лабораторного исследования скорости вторичной консолидации образца грунта с обеспечением возможности бокового расширения образца при нагружении части поверхности образца за счет внесения в известное устройство гидравлической системы для поддержания постоянного уровня влажности образца.

Технический результат достигается тем, что устройство, содержащее обойму для образца грунта, основной и пригрузочный штампы с приспособлениями для их отдельного нагружения, причем в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом, пригрузочный штамп имеет фиксаторы положения по высоте и на нём расположены индикаторы вертикальных перемещений основного штампа и свободной поверхности образца грунта; диаметр жесткой обоймы превышает диаметр основного штампа от 4,3 до 6,0 раз; высота образца от 0,88 до 1,11 диаметра основного штампа; диаметр основного штампа не менее 70 мм, содержит следующие новые признаки:

- наличие гидравлической системы для подачи и свободной циркуляции воды, которая включает резервуар для воды, размещенный вне устройства, снабженный трубкой для подачи воды и датчиком уровня воды, что обеспечивает автоматическое поддержание требуемого уровня воды в резервуаре; водовод в виде трубки, соединяющей резервуар для воды с размещенным под перфорированным вкладышем пространством для воды в корпусе устройства и второй водовод в виде трубки, соединяющий указанное пространство с отверстием в верхней части корпуса для обеспечения увлажнения образца сверху. При этом, уровень воды в резервуаре и размещение отверстия в корпусе прибора, через которое вода поступает в верхнюю часть устройства, должны обеспечивать соблюдение принципа сообщающихся сосудов.

Конструкция устройства для испытания грунта на сжимаемость поясняется чертежом

на Фиг. 1, где 1 - корпус; 2 - основание корпуса; 3 - обойма; 4 - перфорированный вкладыш; 5 - перфорированный основной штамп; 6 - пригрузочный штамп; 7 - шток; 8 - консоль; 9 - штуцер; 10 - резиновая прокладка; 11 - гайка; 12 - водовод/ трубка; 13 - трубка для подачи воды; 14 - датчик уровня; 15 - резервуар; 16 - индикатор; 17 - держатель индикатора; 18 - поверхностная марка; 19 - шарик; 20 - образец грунта, 21 - пространство для воды в корпусе устройства, 22 - отверстие для подачи воды в верхнюю часть корпуса.

На Фиг. 2. Представлен График обработки кривой консолидации логарифмическим методом по ГОСТ 12248-2010. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М., Стандартиформ, 2012 г. -78 с.

Предложенное устройство содержит корпус 1, обойму 3 для образца грунта, основной штамп 5 и пригрузочный штамп 6 с приспособлениями для их отдельного нагружения, причем в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом (на фигуре не обозначены), пригрузочный штамп 6 имеет фиксаторы положения по высоте и на нём расположены индикаторы 16 вертикальных перемещений основного штампа 5 и свободной поверхности образца грунта; диаметр жесткой обоймы 3 превышает диаметр основного штампа 5 от 4,3 до 6,0 раз; высота образца от 0,88 до 1,11 диаметра основного штампа 5; диаметр основного штампа 5 не менее 70 мм. Гидравлическая система для подачи и свободной циркуляции воды, включает резервуар 15 для воды, размещенный вне корпуса 1, который снабжен трубкой 13 для подачи воды и датчиком 14 уровня воды, водовод в виде трубки 12, пространство 21 для воды в корпусе 1 устройства и второй водовод в виде трубки 12, соединяющий указанное пространство 21 с верхней частью корпуса 1 для обеспечения увлажнения испытуемого образца сверху через отверстие 22. При этом, уровень воды в резервуаре 15 и размещение отверстия 22 в корпусе прибора 1, через которое вода поступает в верхнюю часть устройства, должны обеспечивать соблюдение принципа сообщающихся сосудов.

Принцип работы устройства следующий.

На основание 2 с перфорированным вкладышем 4 крепят корпус 1. Образец грунта 20, ненарушенной структуры, в обойме 3, устанавливают на перфорированный вкладыш 4. На выровненную, плоскую поверхность образца грунта устанавливают пригрузочный штамп 6. Положение пригрузочного штампа 6 фиксируют с помощью консоли 8 и гаек 11. Если испытывают набухающие грунты консистенции, отличной от природной, с помощью гаек создают зазор между пригрузочным штампом и поверхностью образца для набухания, либо производят постепенное обжатие для уменьшения влажности. Гидравлическую систему устройства заполняют водой через трубку 13. Уровень воды в системе регулируют с помощью датчика 14, т.к. опыт на вторичную консолидацию может продолжаться несколько месяцев, поэтому требуется автоматическое пополнение воды в системе. Резервуар 15 соединён с пространством 21 для воды в основании корпуса 2 через штуцеры 9 и с корпусом 1 через штуцер 9, размещенный в отверстии 22 корпуса 1, с помощью водоводов 12. Для уменьшения потерь воды штуцеры крепят через резиновые прокладки 10. Вертикальную нагрузку к перфорированному основному штампу 5 передают штоком 7 через металлический шарик 19. Всю нагрузку прикладывают сразу. По индикаторам 16, установленным с помощью держателей 17 отслеживают вертикальные перемещения штампа 5 и поверхностных марок 18.

Конкретный пример использования предложенного устройства.

Для определения коэффициента вторичной консолидации глинистого грунта были

отобраны образцы келловейских глин из борта карьера Михайловского железорудного месторождения КМА. Испытания проводили в течение трех месяцев.

Пример 1

5 Определение коэффициента вторичной консолидации проводили по способу, описанному в ГОСТ 12248-2010. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М., Стандартинформ, 2012 г. -78 с с использованием одометра системы ГИДРОПРОЕКТа. Давление 0,53 МПа передавали на образец грунта одной ступенью. В соответствии с
10 ГОСТ 12248-2010, коэффициент вторичной консолидации C_α является безразмерной величиной и определяется по тангенсу угла наклона между линейным участком кривой на участке вторичной консолидации и прямой параллельной оси абсцисс по формуле:

$$C_\alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\varepsilon(t_2) - \varepsilon(t_1)}{\lg(t_2) - \lg(t_1)} = \frac{0,0860 - 0,0829}{5,00 - 3,40} = 0,0019,$$

15 где $\varepsilon(t_2)$ и $\varepsilon(t_1)$ - значения деформации образца на участке вторичной консолидации; t_2 и t_1 , время, соответствующее деформациям $\varepsilon(t_2)$ и $\varepsilon(t_1)$.

График обработки кривой консолидации логарифмическим методом приведен на
20 фиг.2.

Пример 2

Определение коэффициента вторичной консолидации проводили с использованием
25 заявленного устройства. Образец грунта 20, ненарушенной структуры, размещённый в обойме 3, установили на перфорированный вкладыш 4. На выровненную, плоскую поверхность образца грунта установили пригрузочный штамп 6. Положение
30 пригрузочного штампа 6 зафиксировали с помощью консоли 8 и гаек 11. Гидравлическую систему устройства заполнили водой через трубку 13. Уровень воды в системе поддерживался с помощью датчика 14, путем автоматического пополнения воды в системе через трубка 13 для подачи воды. Приложили вертикальную нагрузку
35 0,53 МПа к перфорированному основному штампу 5 через шток 7 и металлический шарик 19. Вся нагрузку приложили сразу. По индикаторам 16, установленным с помощью держателей 17 в течение трех месяцев отслеживали вертикальные перемещения
40 штампа 5 и поверхностных марок 18.

Сравнение результатов компрессионных испытаний с помощью заявленного
45 устройства и ближайшего прототипа по Патенту RU 2686442 оказалось невозможным по причине того, что в конструктиве прототипа отсутствует гидравлическая система и испытуемый образец глинистого грунта относительно быстро, за первые недели
50 испытаний, высыхает. При этом глинистый грунт утрачивает пластичность и становится склонен к воздушной усадке. По этой причине испытания вторичной консолидации глинистых грунтов в прототипе по мере высыхания и усадки становятся некорректными.

Поэтому сравнивали результаты компрессионных испытаний с помощью
55 стандартного устройства по примеру 1 и заявленного устройства по примеру 2. Сравнение осадок штампов и их скоростей для компрессии и объемной деформации в одометре и заявленном устройстве, по примерам 1 и 2 соответственно приведено в
60 таблице.

Таблица

Осадки штампов и их скоростей для компрессии и объемной деформации по
65 показаниям индикаторов часового типа

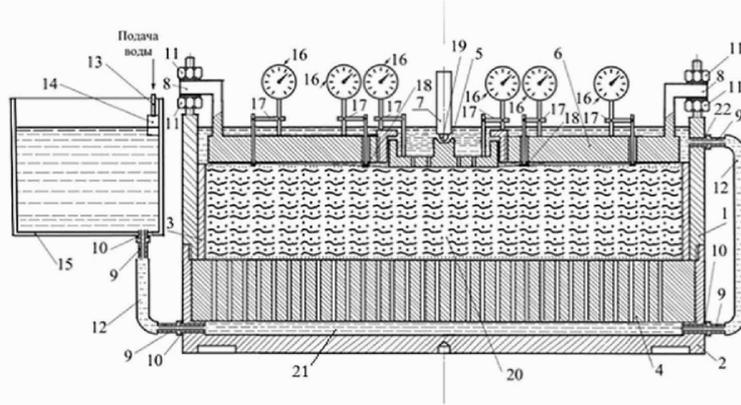
№№ точек	1	2	3	4	5	6	7	8
Log(t), мин	3,28	3,62	3,92	3,94	4,21	4,31	4,41	5,16
Компрессионное испытание в одомере ГИДРОПРОЕКТа								
Осадка S_K , мм		2,05	2,12				2,14	2,16
Скорость осадки, S_K мм/мин 10^{-5}		0,90	0,19				0,08	0,01
Испытания в заявленном устройстве с учетом возможности бокового расширения								
Осадка S_{BK} , мм	2,52			2,67	2,73	2,78		3,06
Скорость осадки, S_{BK} мм/мин 10^{-5}	9,1			1,6	0,57	0,57		0,20

Главный результат, который вытекает из сравнения результатов испытаний в разработанном и стандартном устройствах, состоит в том, что по истечению 3-х месяцев испытаний скорость осадки в стандартном одомере оказалась в 20 раз меньше, чем в разработанном устройстве, учитывающем возможность бокового расширения образца

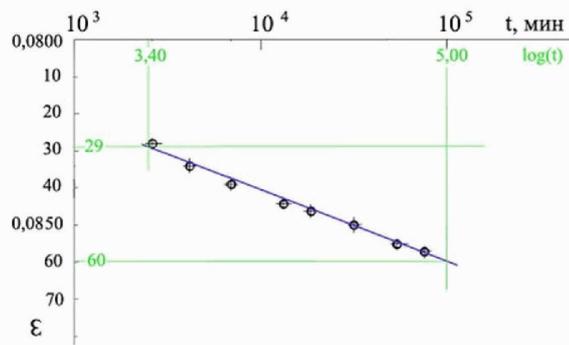
Таким образом, технический результат, заключающийся в повышении точности и достоверности результата лабораторного исследования скорости вторичной консолидации образца грунта достигнут.

(57) Формула изобретения

Устройство для лабораторного исследования скорости вторичной консолидации грунта, содержащее обойму для образца грунта, основной и пригрузочный штампы с приспособлениями для их отдельного нагружения, причем в пригрузочном и основном штампах образованы выступы и соответствующие пазы для взаимодействия друг с другом, пригрузочный штамп имеет фиксаторы положения по высоте и на нём расположены индикаторы вертикальных перемещений основного штампа и свободной поверхности образца грунта; диаметр жесткой обоймы превышает диаметр основного штампа от 4,3 до 6,0 раз; высота образца от 0,88 до 1,11 диаметра основного штампа; диаметр основного штампа не менее 70 мм, отличающееся тем, что дополнительно содержит гидравлическую систему для подачи и свободной циркуляции воды, которая включает резервуар для воды, размещенный вне устройства, снабженный трубкой для подачи воды и датчиком уровня воды, водовод в виде трубки, соединяющей резервуар для воды с размещенным под перфорированным вкладышем пространством для воды в корпусе устройства и второй водовод в виде трубки, соединяющий указанное пространство в корпусе устройства с отверстием в верхней части корпуса.



Фиг.1



Фиг.2