

УДК 624.139.2

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИБОРОМ КОНСТРУКЦИИ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ф.А. Максимов, Э.Л. Толмачев

LABORATORY RESEARCH OF FROST HEAVING OF GROUND WITH AUTHENTIC SOUTH URAL STATE UNIVERSITY DEVICE

F.A Maximov, E.L. Tolmatchev

Работа посвящена исследованию зависимости деформаций морозного пучения глинистых грунтов в приборе конструкции Южно-Уральского Государственного Университета, поведению замороженного грунта при компрессионных испытаниях.

Ключевые слова: глинистый грунт, морозное пучение, деформации.

The article is dedicated to studying the dependence of deformations of frost heaving of clayey ground in the authentic South Ural State University device and the behavior of frozen ground at compressor tests.

Keywords: clayey ground, frost heaving, deformations.

Широкое распространение явления морозного пучения на территории Челябинской области, его воздействия на основания и фундаменты зданий и сооружений, обуславливают актуальность достоверной оценки пучинистых свойств различных видов грунтов с установлением критериев их морозоопасности, используемых при проектировании зданий и сооружений.

Рассматривая данное направление, отметим, что в соответствии с решением технического комитета по морозным грунтам Международного общества по механике грунтов и фундаментостроению (ISSMGE) существуют три уровня оценки степени пучинистости грунтов.

I - грубая по гранулометрическому составу, позволяет выделить лишь заведомо непучинистые грунты;

II - средней точности по формуле, предложенной В.О. Орловым [1];

III - точная по результатам промораживания образцов в специальных приборах или по данным стационарных наблюдений в полевых условиях.

Первый и второй уровни оценки точности используются для определения степени морозного пучения грунтов и отражены в нормативных документах и рекомендациях [3-6].

Однако эти методы следует считать приближенными, так как при определении степени деформации морозного пучения не учитываются такие факторы, как минералогический состав гли-

нистых фракций, состав обменных катионов, структура грунтов.

Метод лабораторных исследований позволяет учесть большую часть природных факторов, влияющих на деформации испытываемых образцов. В связи с этим этот метод более предпочтителен на всех стадиях проектирования и строительства сооружений.

Испытания на морозное пучение регламентируются ГОСТ 28622-90 [9]. В настоящее время приборы, рекомендуемые для проведения этих испытаний, серийно не производятся.

В целях совершенствования ранее созданного оборудования и методики испытаний грунтов на морозное пучение на кафедре «Строительные конструкции и инженерные сооружения» совместно с НПО «Электромеханика» г. Миасс разработана установка для определения относительной деформации морозного пучения [7].

Ниже приводится информация о новой конструкции данного прибора.

Установка позволяет моделировать естественный процесс промораживания грунтов. Фронт промерзания движется сверху вниз. Промерзание осуществляется с заданным режимом согласно ГОСТ 28622-90.

Обойма под образцы выполнена из металла, высота обоймы - 150 мм, внутренний диаметр - 100 мм.

Обойма устанавливается на металлический поддон с отверстием, который соединяется через патру-

бок резиновым шлангом для подачи воды. Уровень воды поддерживается на уровне низа обоймы для свободного подтока к фронту промерзания.

Конструкция прибора позволяет осуществлять испытания под нагрузкой на образцы за счет установки динамометра ДОСМ 0,2, так и без нее [7].

Новая установка отличается от ранее выпускаемых НИИОСП тем, что в качестве охлаждения используется проточная вода, которая через гибкие шланги подводится к термостатированным плитам, что позволило отказаться от холодильных камер, повысить точность поддержания отрицательной температуры у верхней поверхности и положительной температуры у нижней поверхности испытуемого образца, а также позволило автоматизировать заданный режим промерзания в процессе исследований.

Считаем целесообразным внесение изменений в методику, рекомендуемую ГОСТ, а именно, учитывая высокое термическое сопротивление теплоизоляционного кожуха ($1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{КДж}$), перед проведением испытаний не помещать образцы грунта в холодильную камеру и выдерживать в течение суток, что позволяет существенно сократить время экспериментальных исследований.

Авторами были проведены лабораторные исследования грунтов на морозное пучение без нагрузки на образцы в лаборатории кафедры «Строительные конструкции и инженерные сооружения» с целью апробации нового прибора, выявления возможных недостатков конструкции.

Ниже приведены некоторые экспериментальные данные, полученные при испытании глинистых грунтов Челябинской области.

Испытания велись без нагрузки на образцы,

по открытой схеме, т.е. в процессе испытаний обеспечивался свободный приток воды к границе промерзания.

Перед заполнением грунтом металлическая форма размерами $100 \times 150 \text{ (h)}$ обмазывалась фторопластовым лаком для исключения влияния сил трения и смерзания грунта со стенками.

Перемещения, вследствие морозного пучения, измерялись индикаторами часового типа с точностью $0,01 \text{ мм}$.

Результаты определения физико-механических характеристик испытываемых грунтов приведены в табл. 1.

Классификация и оценка пучинистых свойств грунтов выполнялась по величине ε_{fh} - относительной деформации морозного пучения согласно ГОСТ 28622-90.

$$\varepsilon_{fh} = \frac{h_f}{d_i}, \text{ где } d_i - \text{ фактическая толщина про-$$

мерзшего образца, h_f - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания (с точностью до $0,01 \text{ мм}$).

Результаты обработки лабораторных исследований морозного пучения делювиальной глины от консистенции (величине I_i) приведены на рис. 1.

Наибольшая величина пучения ($\varepsilon_{fh} = 0,73$) наблюдалась у глины мягкопластичной консистенции. По степени пучинистости данный образец глины относится к сильнопучинистым грунтам.

На рис. 2 отображены кривые пучения суглинка элювиального.

Исследовалось два образца, первый - монолит, второй - нарушенной структуры.

Таблица 1

Грунты (по ГОСТ 25100-95)	Влажность, %	Число пластичности	Показатель текучести	Плотность грунта, г/см^3			Пористость, %	Коэффициент пористости
				природная	сухого	частиц		
Суглинок элювиальный (монолит)	0,30	9,3	0,64	1,82	1,7	2,71	37	0,59
Суглинок элювиальный (нарушенной структуры)	0,28	9,3	0,64	1,95	1,7	2,70	37	0,58
Глина делювиальная (твердая)	0,2	19,8	-0,30	1,78	1,47	2,60	43	0,77
Глина делювиальная (полутвердая)	0,27	18,1	0,149	1,87	1,48	2,50	40	0,69
Глина делювиальная (мягкопластичная)	0,31	21,1	0,67	1,9	1,5	2,74	45	0,82

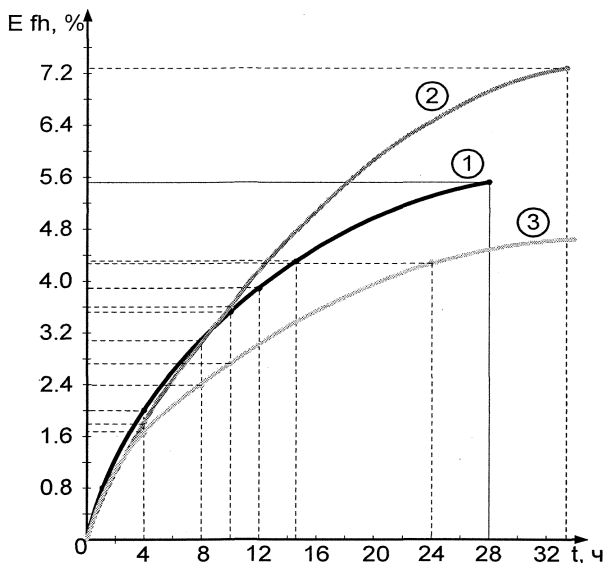


Рис. 1. Кривые относительной деформации пучения: 1 – глины полутвердой, 2 – глины мягкопластичной, 3 – глины твердой консистенции

По кривым пучения образцов видно, что наибольшая величина пучения достигается в образце монолитной структуры $\varepsilon_{fh} = 0,72$ сильнопучинистый, относительная деформация морозного пучения второго образца $\varepsilon_{fh} = 0,52$, грунт ереднепучинистый.

По степени пучинистости данные образцы суглинка - сильнопучинистые.

Также в процессе лабораторных исследований определяли миграционное водонакопление для этих грунтов. Результаты изменения влажности (W_{np}) образцов приведены в табл. 2.

Так, для мягкопластичной глины природная влажность до промораживания составила $W = 31\%$, после промерзания влажность составила $W = 35\%$, т.е. его влажность увеличилась на 22,5 %, а для твердой глины влажность возросла на 15 %.

В дальнейшем предполагается исследование зависимостей миграционного водонакопления и деформации пучения от давления на грунт.

Для образцов суглинка мороженой структуры были проведены компрессионные испытания

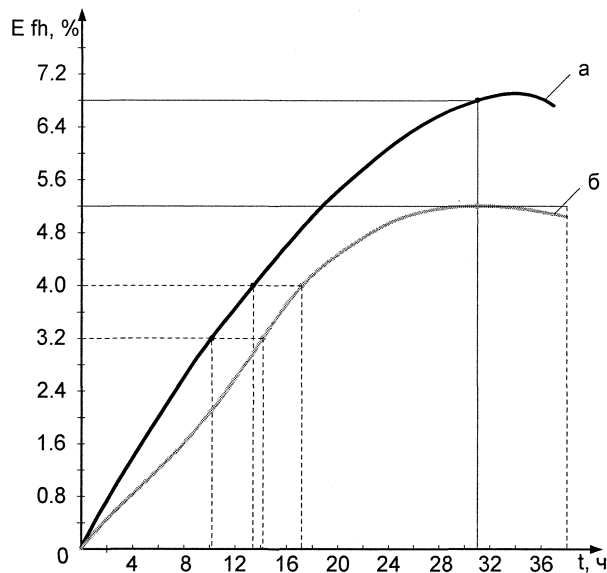


Рис. 2. Экспериментальная зависимость деформаций морозного пучения от структуры грунта: а – монолитная, б – нарушенная структура

при оттаивании, в сравнении с испытаниями образцов, суглинка в естественных условиях.

Результаты, полученные в ходе испытаний образцов суглинка, приведены в табл. 3.

Графическая интерпретация полученных результатов испытаний грунтов на сжатие приведена на рис. 3.

По графику изменения относительной осадки во времени видно, что при промораживании суглинка его осадка при оттаивании значительно превышает величину морозного пучения, а время оттаивания в несколько раз меньше, чем длительность морозного пучения. Это приводит к неравномерным деформациям системы «основание - здание» и повреждению сооружения.

Подобные исследования приведены в работах [8, 10, 11] и хорошо согласуются с нашими исследованиями в этой области.

Лабораторные исследования выявили отдельные недостатки нового прибора ЮУрГУ. Так, из-за недостаточной герметичности установки, возникали трудности, связанные с эксплуатацией прибора, перебои в работе блока автоматического

Таблица 2

Образцы грунта	Суглинок (монолит)	Суглинок (нарушен.)	Глина твердая	Глина полутвердая	Глина мягкопластичная
до испытаний	0,28	0,30	0,20	0,27	0,31
после испытаний	0,34	0,35	0,23	0,44	0,38

Таблица 3

Характеристики	Мороженная структура	Естественная структура
Влажность по кольцу	0,35	0,23
Коэффициент пористости e	0,790	0,831
Коэффициент пористости e (после компрессии)	0,674	0,694
Компрессионный модуль деформации E, МПа	5,2	2,8

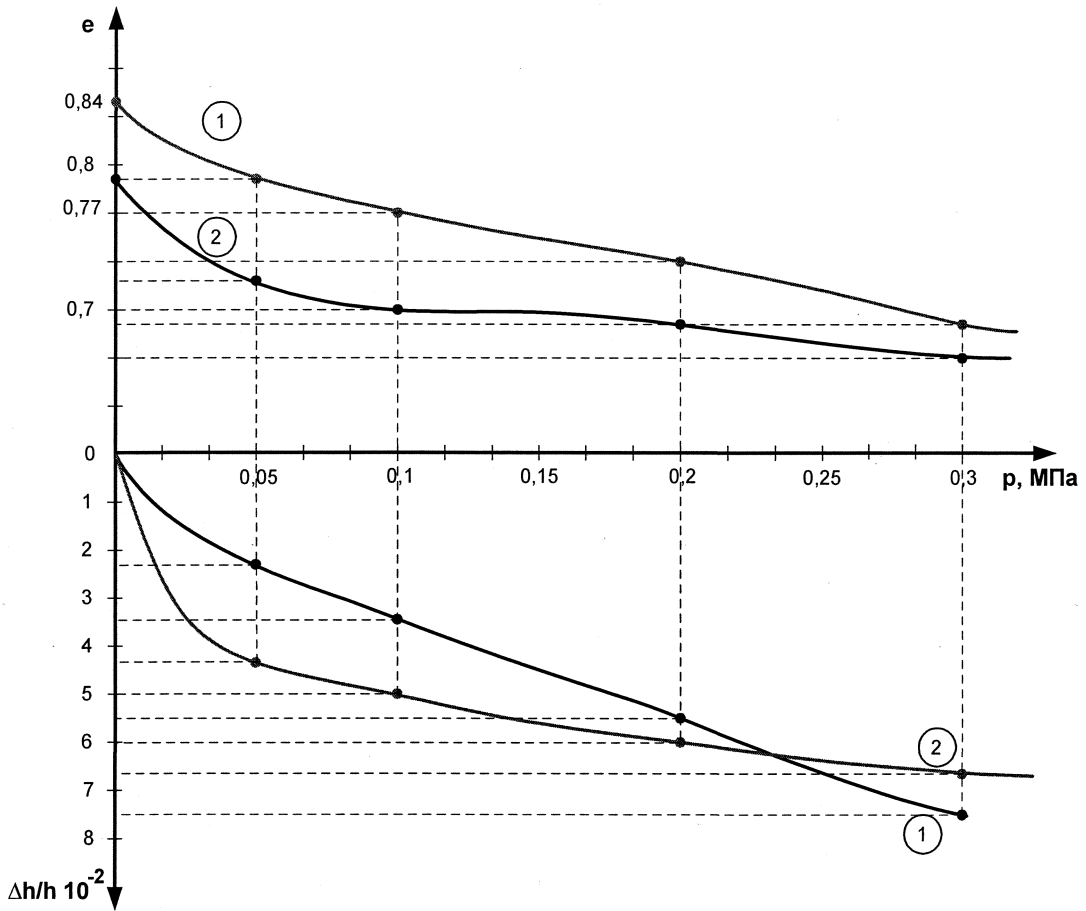


Рис. 3. Графическая интерпретация результатов испытаний образцов суглинка элювиального на сжатие: 1 – образец естественной структуры, 2 – образец после промораживания, e – коэффициент пористости, $\Delta h/h$ – относительная осадка образца

терморегулирования приводили к неравномерному промерзанию образцов, образованию ледяных прослоек до 10 мм. Также конструкцией не предусмотрено удобное извлечение образца с целью изучения его криогенной структуры.

С учетом выявленных недостатков и внесенных авторами предложений по усовершенствованию конструкции, установка была доработана.

Внесенные предложения:

1. Выполнить обойму под образцы в форме, состоящей из шести пластиковых колец, высотой по 25 мм с пазами для соединения колец между собой. Кольца обеспечивают свободу деформаций и исключают влияние сил трения и смерзания грунта со стенками.

2. Для удобного извлечения образцов сделать кожух из двух раскрывающихся частей.

3. В кожухе прибора сделать направляющие для удобной установки колец.

4. Заменить индикаторы часового типа на датчики линейных перемещений для полной автоматизации контроля процесса испытаний.

5. Сделать возможным изменение скорости промерзания, что позволит изучать зависимости относительной деформации от скорости перемещения фронта промерзания.

Выводы

Разработанный прибор конструкции ЮУрГУ для нахождения величины морозного пучения грунта от давления и способ ее определения позволяют:

- определять характеристики морозного пучения по ГОСТу;
- обеспечить III уровень точности в соответствии с рекомендациями ISSMGE, необходимый для проектирования сооружений на морозоопасных основаниях.

Данный прибор прошел испытания в лаборатории кафедры «СКИИС» и может быть рекомендован к использованию в учебном процессе для проведения лабораторных работ по курсу «Механика грунтов».

Литература

1. Орлов, В.О. Принципы расчета фундаментов на пучинистых грунтах / В.О. Орлов // Проблемы механики грунтов и инженерного мерзловедения. - М., 1990. - С. 187-198.

2. Невзоров, А.Л. Фундаменты на сезонно-промерзающих грунтах / А.Л. Невзоров. - М.: Изд-во АСВ, 2000. - 151 с.

3. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.

4. ТСН 50-303-99. Проектирование и устройство мелкоаглобленных фундаментов малоэтажных жилых зданий в Московской области.

5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1986.

6. Рекомендации по проектированию и расчету мелкоаглобленных фундаментов на пучинистых грунтах. — М.: Стройиздат, 1985. — 60 с.

7. Казанцев, В.С. Определение относительной деформации морозного пучения грунтов в лабораторных условиях прибором ЮУрГУ / В.С. Казанцев // Достижения, проблемы и перспективные направления развития и практики механики грунтов и фундаментостроения. Академические чтения по геотехнике. — Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2006. — С 174.

8. Абжалимов, Р.Ш. Лабораторные исследования морозного пучения / Р.Ш. Абжалимов // ОФМГ. — 1982. — №5. — С. 20-22.

9. ГОСТ 28622-90. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости.

Ю.Голли, О.О. Интегральные закономерности морозного пучения грунтов и их использование при решении инженерных задач в строительстве / О.О. Голли. — СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2000. — 46 с.

11. Малышев, М.А. Влияние сезонного промерзания и оттаивания глинистых грунтов на работу оснований и фундаментов / М.А. Малышев, В.В. Фурсов // ОФМГ. — 1982. — МЗ.-С 16-18.

12. ГОСТ 12248—96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

Поступила в редакцию 29 июня 2009 г.