

## ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ НА ПУЧЕНИЕ

Болдырев Г.Г., Болдырева Е.Г., Белоглазов Д.О.

ООО «НПП Геотек», Россия, Пенза, info@geotek.ru

Согласно «.....ГОСТ 28622-90 степень пучинистости грунта следует определять по значению относительной деформации морозного пучения  $\varepsilon_{fh}$ , полученному по результатам испытаний образцов грунта в специальных установках, обеспечивающих промораживание образца исследуемого грунта в заданном температурном и влажностном режимах, и измерение перемещений его поверхности. Образцы грунта, предназначенные для испытаний, должны иметь цилиндрическую форму диаметром не менее 100 мм и высотой  $(150 \pm 5)$  мм. Размер крупноблочных включений в образце не должен превышать 20 мм. В состав установки для определения относительной деформации морозного пучения должны входить: устройство для создания, поддержания и контролирования заданных условий промораживания образца грунта (верхняя и нижняя термостатированные плиты, жидкостной ультратермостат или термоэлектрическая батарея, термоконтакты, термодатчики и т.д.); механизм для вертикального нагружения образца грунта (рычажные, гидравлические, пневматические, электромеханические и др. прессы); устройство для измерения вертикальных деформаций образца грунта (приборы для автоматической записи деформаций, индикатор часового типа и т.д.); обойма для помещения образца грунта; устройство, обеспечивающее непрерывный порядок воды к нижнему торцу образца грунта (поддон для обоймы, заполненный капиллярно-пористым материалом, и система подачи воды); теплоизоляционный кожух.

Принципиальная схема установки по ГОСТ 28622-90 показана на рис. 1.

Конструкция установки должна обеспечивать: промораживание образца грунта при температуре на верхнем его торце минус  $(4 \pm 0,2)^\circ\text{C}$  и при монотонном понижении температуры на нижнем торце образца от плюс 1 до  $0^\circ\text{C}$ , что обеспечивается автоматическим поддержанием температуры нижней термостатированной плиты плюс  $(1 \pm 0,2)^\circ\text{C}$ ; возможность вертикального нагружения образца грунта давлением, равным давлению от собственного веса грунта на горизонте отбора образца, или давлением, равным предполагаемому давлению от постоянных нагрузок на заданной глубине, но не более 0,05 МПа. Измерительные устройства (приборы) должны обеспечивать: измерение вертикальной деформации образца грунта с погрешностью не более 0,1 мм; измерение температуры образца грунта с погрешностью не более  $0,2^\circ\text{C}$ ....» [ГОСТ 28622-90. Грунты.

Метод лабораторного определения степени пучинности. Изд-во Стандартов, 01.09.1990.].

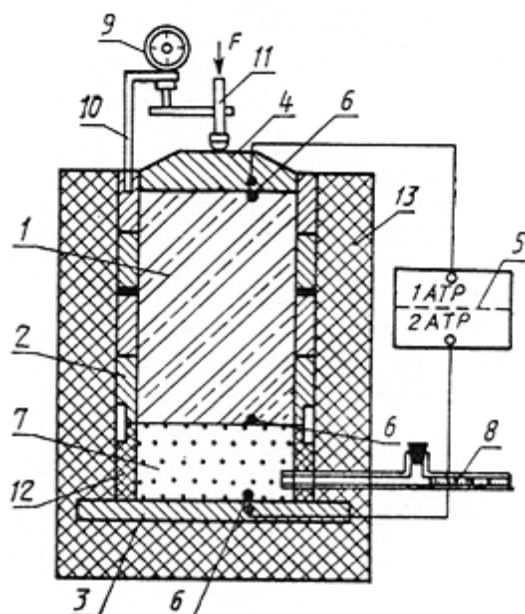


Рис. 1. Схема установки по ГОСТ 28622-90:

1 - образец грунта; 2 - обойма; 3 - нижняя термостатированная плита; 4 – верхняя термостатированная плита; 5 - блок автоматического терморегулирования; 6 - датчики температуры; 7 - капиллярно-пористый материал; 8 - устройство для подачи воды; 9 - индикатор перемещения; 10 - кронштейн; 11 - шток механизма для нагружения образца грунта; 12 - поддон обоймы; 13 - теплоизоляционный кожух

В ООО «НПП Геотек» разработана новая конструкция подобной установки с целью повышения точности управления фронтом промерзания путем автоматического регулирования температуры на верхнем и нижнем торцах образца грунта и расширения функциональных возможностей установки. Поставленная цель достигнута следующим:

- для создания отрицательной и положительной температуры на торцах промораживаемого образца грунта применены два одинаковых термоэлектрических модуля (элементы Пельтье, см. <http://peltier.narod.ru/>), а создание и регулирование значений положительной или отрицательной температуры контролируется направлением подаваемого на них тока под управлением компьютера через блок управления.

- для повышения точности регулирования и поддержания заданного значения температуры введены два радиатора и два вентилятора.

- приложение вертикальной нагрузки выполняется с использованием электромагнитных клапанов и пневмоцилиндра, а ее контроль с использованием датчика давления.

- контроль постоянства заданной величины давления выполняется с использованием регулятора давления.

- регулирование температуры, измерения давления и деформаций выполняются автоматически под управлением компьютера.

На рис. 2 прибор содержит опорную плиту 1 с двумя стойками 2, траверсу 3, на которой закреплен пневмоцилиндр 4 с двумя электромагнитными клапанами 5, 6.

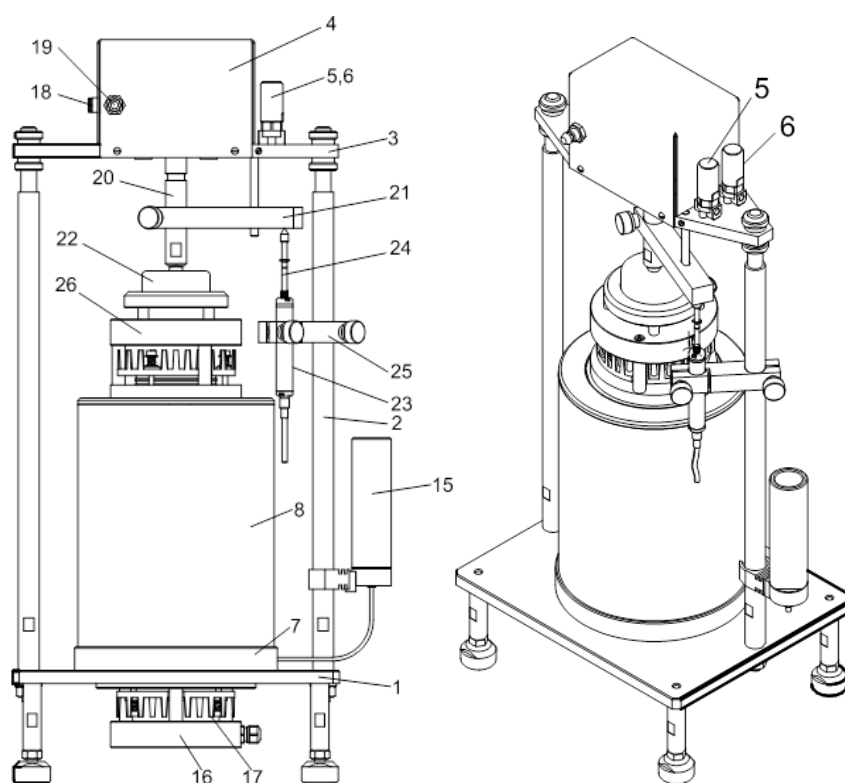


Рис. 2. Конструкция прибора

На опорной плите 1 находится поддон 7, на котором установлен термоизолированный контейнер, включающий стальной кожух 8 и теплоизоляционный материал 9.

В поддон 7 встроены термоэлектрический модуль 10, перфорированная гильза 11, два датчика температуры 12, 13 и штуцер 14 для подачи воды из сосуда 15. С нижней стороны поддона прикреплен радиатор 16 с вентилятором 17.

Устройство вертикального нагружения содержит пневмоцилиндр 4 с двумя штуцерами 18, 19, шток 20, кронштейн 21, датчик силы 22, датчик перемещений 23 со штоком 24 и кронштейн 25.

Штамп 26 имеет термоэлектрический модуль 27, радиатор 28, вентилятор 29 и датчик температуры 30.

На поддоне 7 установлены съемные кольца 31 с образцом грунта 32 и песчаным фильтром 33.

На опорной плите 1 закреплены разъемы для электрического подключения электромагнитных клапанов 5, 6, датчиков температуры 12, 13, 30, датчика силы 22, датчика перемещений 23, термоэлектрических модулей 10, 27 и вентиляторов 17, 29.

На рис. 3 изображена схема автоматического управления и измерения нагрузки и деформации, которая включает компьютер 34, соединенный интерфейсом 35 с блоком 36 усиления и преобразования сигналов с датчиков в цифровой вид. Блок 36 соединен кабелями 37 - с датчиком силы 22, 38 – с датчиком перемещения 23, 39, 40, 41 – с датчиками тем-

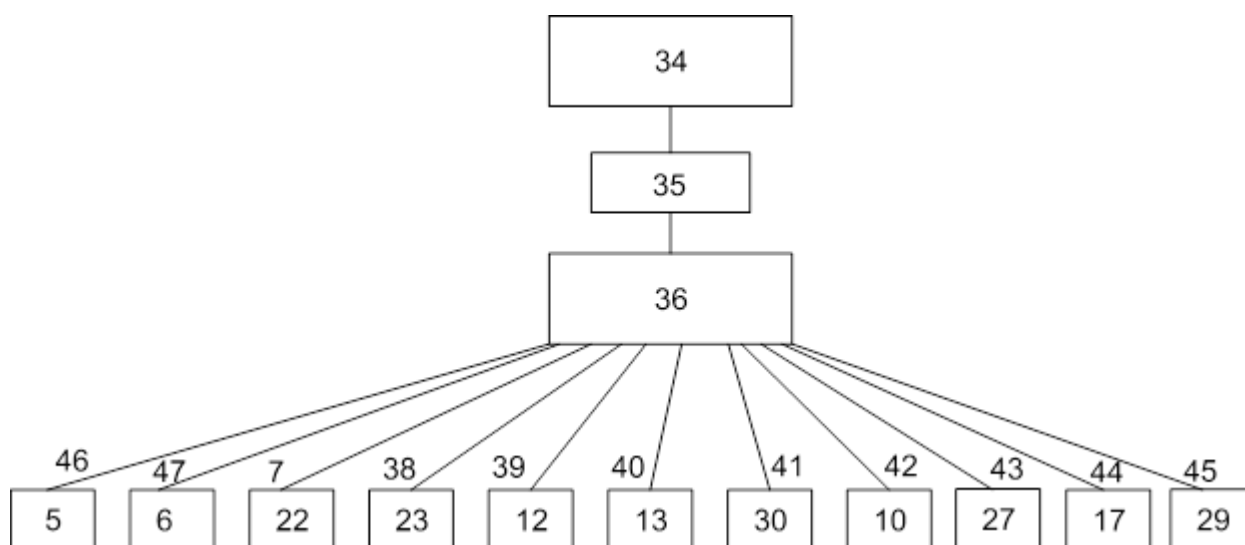


Рис. 3. Схема автоматического управления испытаниями

пературы 12, 13, 30, 42, 43 – с термоэлектрическими модулями 10, 27, 44, 45 – с вентиляторами 17, 29, 46, 47 – с электромагнитными клапанами 5, 6, усиливает и преобразует сигналы в цифровой вид с датчиков 12, 13, 30, 22, 23, и оказывает управляющее воздействие на электромагнитные клапаны 5, 6, термоэлектрические модули 10, 27 и вентиляторы 17, 29.

Прибор для испытания мерзлых грунтов на пучение работает следующим образом.

### *Этап 1. Подготовка прибора к испытаниям*

1.1 Образец грунта 32 в сменных кольцах 31 устанавливают в контейнер 8.

1.2 На верхний торец образца грунта устанавливают штамп 26, и шток 20 пневмоцилиндра 4 приводят в касание с датчиком силы 22.

1.3 Датчик перемещений 23 закрепляют кронштейном 25 на стойке 2 таким образом, чтобы шток 24 датчика перемещений касался кронштейна 21.

1.4 Электромагнитные клапаны 5, 6, датчики температуры 12, 13, 30 датчик силы 22, датчик перемещений 23, термоэлектрические модули 10, 27 и вентиляторы 17, 29 подключают к блоку управления 36, а его через интерфейс 35 соединяют с компьютером 34.

1.5 К электромагнитным клапанам 5, 6 подключают пневмопровод от воздушного компрессора, а клапаны соединяют трубопроводами со штуцерами 18, 19 пневмоцилиндра 4.

1.6 Прибор устанавливают в климатическую камеру с температурой  $+1^{\circ}\text{C}$  и выдерживают в ней не менее 1 суток (рис. 4 а,б).

### *Этап 2. Реализация автоматического способа испытания и последовательность проведения испытаний*

2.1 По команде компьютера 34, используя электромагнитные клапаны 5, 6, датчик силы 22, прикладывают к штампу 26 заданную величину нагрузки и записывают начальные показания датчика перемещений 23.

2.2 По команде компьютера 34, используя показания датчиков температуры 12, 13, 30 и термоэлектрические модули 10, 27, создают отрицательную температура на верхнем торце образца минус  $(4 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$ , положительную температура на нижнем торце образца грунта плюс  $(1 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$  и нулевую температура на нижней стороне песчаного фильтра 33.

2.4 При достижении температуры  $(0 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$  на нижнем торце образца грунта испытания прекращают, используя электромагнитные клапаны 5, 6, поднимают шток 20 пневмоцилиндра в начальное положение, и термоизолированный контейнер снимается с опорной платы 1 прибора.

На рис. 4 показан общий вид прибора, а на рис. 5 показаны данные выводимые на монитор компьютера в ходе проведения испытаний.



(a)



(б)

Рис. 4. Прибор (а) и прибор в климатической камере (б)

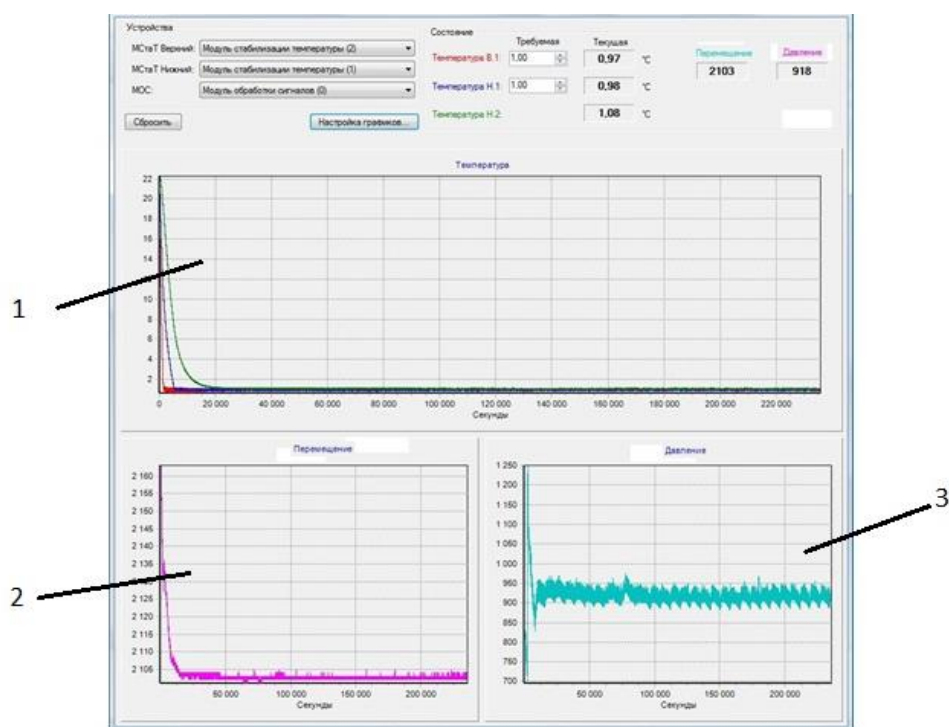


Рис. 5. Контролируемые параметры: 1 – температура; 2 – деформация пучения; 3 – вертикальная нагрузка