

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ

Серия 31.

Земляные работы, основания и фундаменты.

31/2 карты

№ 516/6

Автор описания канд. техн. наук
М. В. Малышев

**ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМИРУЕМОСТИ
ГРУНТОВ МЕТОДОМ КРУЧЕНИЯ**

МОСКВА

1955



ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ГРУНТОВ МЕТОДОМ КРУЧЕНИЯ

Для определения в лабораторных условиях характеристик деформируемости грунта (модуля сдвига G , модуля объемной деформации K) и прочности (угла внутреннего трения φ и сцепления C) наиболее широко применяются компрессионные и срезные приборы. Однако компрессионные приборы позволяют определять лишь одну характеристику деформируемости, включающую одновременно модуль деформации E и коэффициент бокового давления ν , и не лишены ряда недостатков. Применяемые для определения угла внутреннего трения и сцепления срезные приборы также имеют недостатки, в том числе и принципиальные — неоднородность и неопределенность напряженного состояния образца грунта в процессе испытания.

Имеются приборы различной конструкции для определения механических характеристик, лишенные указанных недостатков и основанные на принципе сжатия образца грунта либо в условиях невозможности бокового расширения, либо в условиях свободного бокового расширения.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВОДГЕО)

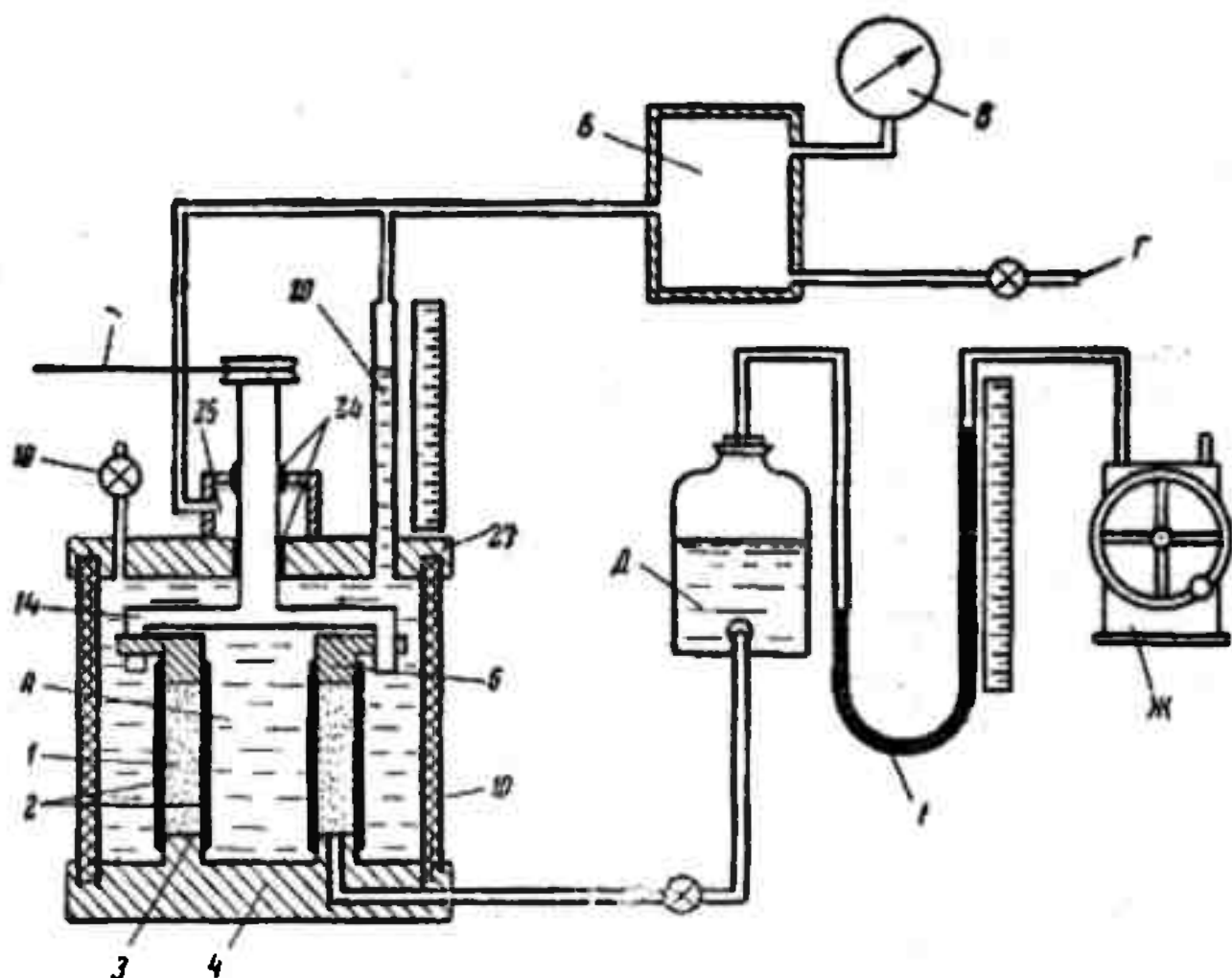
сконструирован прибор, основанный на принципе определения сопротивляемости образца грунта, имеющего форму полого цилиндра, кручению при созданном вначале и не изменяющемся гидростатическом обжатии. Такое силовое воздействие соответствует чистому сдвигу. Образец при этом находится практически в однородном напряженно-деформированном состоянии. Осуществление чистого сдвига представляется наиболее целесообразным при определении модуля сдвига, а также угла внутреннего трения и сцепления, так как указанные характеристики определяются в этом случае непосредственно.

Принципиальная схема прибора приведена на фиг. 1, а конструкция рабочей камеры А — на фиг. 2. Образец грунта 1, находящийся в рабочей камере А, имеет форму полого цилиндра наружным диаметром 90 мм, внутренним диаметром 50 мм и высотой 60 мм и заключен в тонкие резиновые оболочки 2, которые для обеспечения герметичности присоединяются к штампам с помощью конических креплений с затяжкой болтами.

В нижней части прибора оболочки укрепляются: внутренняя — между нижним штампом 3 и днищем 4, а наружная — между штампом 3 и кольцом 5. В верхней части прибора внутренняя оболочка крепится между верхним штампом 6 и кольцом 7, а наружная — между штампом 6 и кольцом 8, имеющим выступы. Оба штампа — нижний 3 и верхний 6 — имеют ребра 9 и фильтры. Ребра, часто и равномерно распределенные по окружности, служат для передачи крутящего момента образцу грунта.

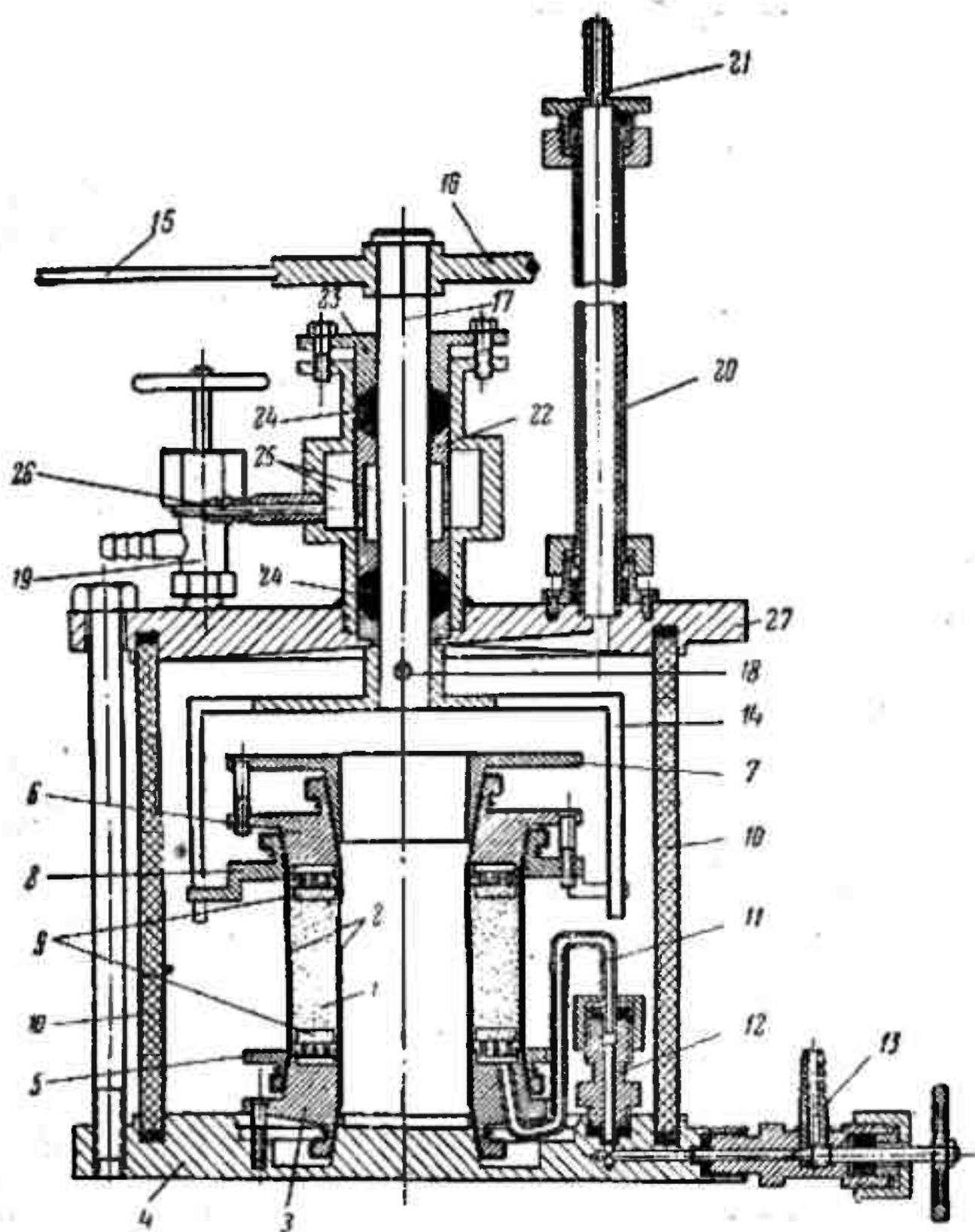
Цилиндр 10 выполнен из плексигласа, что дает возможность в процессе опыта наблюдать за пове-

дением образца. Образец грунта с помощью помещенной в нижний штамп 3 трубки 11, присоединяемой к вводу 12, имеющему накидную гайку, сообщается через штуцер 13 с вакуум-насосом Ж (см. фиг. 1). Величина вакуума измеряется ртутным вакуумметром Е. Насыщение образца водой при необходимости производится из бутылки Д.



Фиг. 1. Принципиальная схема установки

Усилие от пресса передается вилке 14 с помощью троса 15, закрепленного одним концом на блоке 16, связанном с валом 17. Вилка крепится к валу шпилькой 18. Вилка 14 упирается своими концами в два выступа, имеющиеся на кольце 8, и, таким образом, крутящий момент передастся образцу.



Фиг. 2. Рабочая камера А

Крутящий момент может быть осуществлен как по принципу передачи постоянного усилия, так и по принципу заданной деформации образца и измерения соответствующего этой деформации усилия. В

первом случае применяют обычное рычажное устройство, во втором — натяжной болт с включенным между ним и прибором динамометром. Наиболее удобным является второй способ, при котором можно проследить за деформируемостью образца, находящегося уже в предельном состоянии. В последнем случае также может быть использован пресс, приводящийся в движение электродвигателем и снабженный самописцем. Диаграмма записывается самописцем в координатах: усилие на тросе 15 и перемещение троса. Этим величинам пропорциональны крутящий момент и угол закручивания.

В крышке камеры 27 имеются три отверстия. В одном из них укреплен кран 19 для связи с атмосферой и заливки камеры жидкостью. В другом укреплена стеклянная мерная трубка 20, находящаяся в кожухе и заканчивающаяся штуцером 21, соединенным с рессивером Б, давление в котором измеряется манометром В. Рессивер, в свою очередь, соединен с компрессором Г и служит для того, чтобы возможные утечки воздуха не сказывались на изменении давления в системе.

В третьем центральном отверстии крышки установлен двойной сальник, через который пропущен вал 17. Сальниковое устройство состоит из бронзовых втулок 22 и 23, между которыми зажата сальниковая набивка 24. Во втулке 22 сделана с внутренней стороны проточка, в которой имеются поперечные отверстия. В кожухе сальника имеется полость 25, сообщающаяся с помощью штуцера 26 с рессивером Б. Благодаря этому внутренний сальник работает практически при нулевом перепаде давле-

ния, в связи с чем исключаются утечки жидкости, заполняющей рабочую камеру А.

Прибор заряжается следующим образом. Резиновые оболочки укрепляются около нижнего штампа 3. Трубка 11 соединяется с вводом 12. Устанавливаются разъемные обоймы — наружная и внутренняя, служащие для подготовки образца. Наружная обойма представляет собой цилиндр, состоящий из двух частей. Внутренняя обойма состоит из четырех частей. Наружная резиновая оболочка натягивается на внутреннюю поверхность наружной обоймы, а внутренняя — на наружную поверхность внутренней обоймы.

Пространство между оболочками заполняется грунтом (песком или грунтовой пастой), после чего устанавливается верхний штамп, к которому присоединяются оболочки. Далее, при испытании песчаных образцов, последние вакуумируют с помощью вакуум-насоса Ж. Затем снимают обе обоймы, образец обмеряют и производят установку цилиндра 10, а также верхней крышки 27. При испытании образцов, изготовляемых из грунтовой пасты, обоймы снимают лишь после предварительного, с требуемой выдержкой во времени, гидростатического обжатия образца. Обжатие необходимо для придания образцу прочности, так как вакуумирование, применяемое для придания прочности песчаным образцам, в данном случае применить нельзя. Образцы из связных грунтов вырезают с помощью специального приспособления, и дальнейшая их закладка осуществляется без обойм. Во всех случаях до опыта образцы обмеряют и взвешивают. Кроме того, берут пробу на влажность.

По окончании установки верхней крышки рабочую камеру заливают водой. Из воды предварительным кипячением удаляют растворенный в ней воздух. Воду заливают через кран 19, причем воздух из камеры выходит через штуцер 21. При заливке необходимо следить за тем, чтобы в камере не осталось пузырьков воздуха.

Поступление воздуха из рессивера в рабочую камеру прекращается закрытием вентиля, установленного на штуцере.

Заливка производится до тех пор, пока уровень воды в верхней части трубки 20 не достигнет конца нанесенной на нее шкалы. После этого кран 19 закрывают и присоединяют воздушную систему в соответствии со схемой, приведенной на фиг. 1. Затем записывают отсчет по мерной трубке и создают требуемое давление, после чего вновь записывают отсчет по мерной трубке. Далее, в образце постепенно создают крутящий момент путем натяжения троса 15. При этом фиксируют величину момента и соответствующую деформацию, образующуюся при закручивании образца.

Сальниковое устройство создает определенное трение, которое при обработке данных опыта должно быть исключено. Для этой цели вилка 14 не должна в первый момент упираться в выступы на кольце 8, а должна быть повернута на 10—15° назад, против хода. Когда сопротивление сальника будет преодолено, соответствующий крутящий момент повернет вилку.

При пользовании самописцем его перо вычерчивает площадку, соответствующую крутящему моменту, преодолевавшему трение в сальнике.

Когда вилка коснется выступов штампа, требуется шовое увеличение крутящего момента. Это и будет началом координат диаграммы зависимости крутящего момента от угла закручивания образца. При достижении в образце предельного состояния крутящий момент больше не увеличивается. Для обработки опытных данных необходима предварительная тарировка прибора, которая состоит из определения соотношения между силой натяжения троса и крутящим моментом, перемещением троса и углом закручивания образца, а также давлением и сжимаемостью прибора, определяемой по показаниям мерной трубки при заложенном вместо образца металлическом вкладыше.

Для определения необходимых расчетных характеристик деформируемости и прочности испытывавшегося грунта служат следующие формулы.

Модуль объемного сжатия K , кг/см²:

$$K = \frac{\pi P^I H (R^2 - r^2)}{\Delta V - \Delta v_1} \quad (1)$$

Модуль сдвига G , кг/см²:

$$G = \frac{2H(M - M_{\text{сопр}})}{\pi (R^4 - r^4) (\omega - \omega_{\text{сопр}})} \quad (2)$$

Угол внутреннего трения φ :

$$\text{tg } \varphi = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tau_{\text{макс}}^I - \tau_{\text{макс}}^{II}}{P^{II} - P^I} \quad (3)$$

Сцепление C , кг/см²:

$$C = \tau^I \sqrt{\frac{2}{3}} - P^I \text{tg } \varphi \quad (4)$$

В формулах (1) — (4) приняты следующие обозначения:

P^I — величина полного гидростатического обжатия образца, включая созданный вакуум (при испытании песчаных образцов), в первом опыте в кг/см²;

P^{II} — то же во втором опыте (второй опыт для того же грунта необходим для определения величины сцепления);

$\tau^I_{\text{макс}}$ и $\tau^{II}_{\text{макс}}$ — соответственно максимальные значения касательного напряжения при предельном состоянии в первом и втором опытах в кг/см².

Касательные напряжения выражаются через максимальные значения крутящего момента $M_{\text{макс}}$ следующей формулой:

$$\tau^I_{\text{макс}} = \frac{3(M^I_{\text{макс}} - M_{\text{сопр}})}{2\pi(R^3 - r^3)}$$

H — высота образца, см;

R и r — соответственно внешний и внутренний радиусы образца, см;

ΔV — изменение объема при увеличении давления от нуля до P^I , отсчитанное по мерной трубке, см³;

ΔV_1 — изменение объема, вызываемое сжимаемостью прибора и отсчитанное также по мерной трубке при тарировке для давления P^I , см³;

M — крутящий момент, соответствующий прямолинейному участку кривой зависимости крутящего момента от угла закручивания, кгсм;

$M_{\text{сопр}}$ — момент сопротивления в сальнике, кгсм;

ω — угол закручивания в радианах;

$\omega_{\text{сопр}}$ — угол закручивания до соприкосновения вилки с выступами на штампе в радианах.

Редактор инж. Л. В. Роговский

Гл. редактор А. И. Удальцов

ИНСТИТУТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ АН СССР

Москва, Б-120, ул. Чкалова, д. 47

Т04567 Подп. к печати 14/VI-5 г. Зак. инст. 151 Зак. тип. 615 · Тир. 1850

Типография треста Росполиграфпром, гор. Калуга, пл. Ленина, 5.