

*ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОМПРЕССИОННОМУ ПРИБОРУ
ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ
ПОСТОЯННО ВОЗРАСТАЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ*

В. В. ДЕНИСЕНКО¹, П. А. ЛЯШЕНКО²

¹*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,
электронная почта: devivi@yandex.ru*

²*Кубанский государственный аграрный университет,
350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
электронная почта: lyseich1@yandex.ru*

Отмечено, что из известных методов компрессионных испытаний грунтов наибольшее соответствие режимам нагружения грунтов оснований при строительстве обеспечивает метод постоянно возрастающей нагрузки (метод ПВН), который повышает достоверность и точность определения показателей сжимаемости грунтов и сокращает длительность их испытаний. Анализируются различные схемы приложения ПВН и устанавливаются допустимая погрешность скорости ПВН, при которой увеличение нагрузки на образец грунта попадает под понятие постоянно возрастающей. Установлена допустимая погрешность приложения нагрузки. Сформулированы технические требования к прибору для компрессионных испытаний грунтов методом ПВН. Рассмотрен ряд оптимальных вариантов конструкции системы нагружения с рычажным нагрузочным механизмом, отвечающий сформулированным требованиям для реализации метода ПВН.

Ключевые слова: постоянно возрастающая нагрузка, образец грунта, сжимающая нагрузка, стабилизация осадки грунта, нагрузочный механизм.

Из известных методов компрессионных испытаний грунтов наибольшее соответствие режимам нагружения грунтов оснований при строительстве обеспечивает метод постоянно возрастающей нагрузки (метод ПВН) [1].

Метод ПВН заключается в приложении постоянно возрастающей нагрузки со скоростью, обеспечивающей консолидацию грунта в процессе его нагружения [2].

Нашими исследованиями [3-11] установлено, что метод ПВН повышает достоверность и точность определения показателей сжимаемости грунтов в одном испытании и сокращает длительность испытаний.

На основании этих исследований нами разработаны рекомендации [12-14] по компрессионным испытаниям методом ПВН, позволяющие задавать скорость ПВН до начала испытаний с учетом физических свойств грунтов, обеспечивающие

практически полную их консолидацию при окончании нагружения и исключают необходимость измерения порового давления в грунтах во время испытаний, которое существенно усложняет и удорожает проведение испытаний грунтов и не позволяет массово проводить такие испытания при производстве инженерно-строительных изысканий.

Для осуществления компрессионных испытаний методом ПВН конструкция компрессионного прибора должна отвечать соответствующим требованиям.

Рассмотри эти требования.

Метод компрессионных испытаний грунтов постоянно возрастающей нагрузкой (метод ПВН) заключается в том, что нагрузка на испытываемый образец грунта постоянно возрастает от нуля до конечной величины с заданной скоростью и описывается формулой

$$P = V \cdot t, \quad 0 \leq t \leq t_k, \quad (1)$$

где V – скорость ПВН, кПа/ч;

t – текущее время приложения ПВН, ч;

t_k – время приложения ПВН до конечного значения P_k , ч.

Конечное значение нагрузки выражается формулой

$$P_k = V \cdot t_k. \quad (2)$$

Так как при методе ПВН скорость увеличения нагрузки на испытываемый грунт постоянна, то равным интервалам времени Δt соответствуют равные приращения нагрузки ΔP

$$\Delta P = V \cdot \Delta t, \quad V = \text{const}. \quad (3)$$

Таким образом, из определения метода ПВН следует, что приложение ПВН на грунт от нуля до конечного значения должно осуществляться линейно во времени с постоянной скоростью (рисунок 1.1).

На практике при любой конструкции нагрузочной системы постоянство скорости ПВН может быть обеспечено с некоторой погрешностью, ограниченной

допускаемой величиной, которая на графике $P(t)$ изображена сектором с углом при вершине $2\alpha_v$ (рисунок 1.1). График $P(t)$ на рисунке 1.1 приведен в безразмерных координатах, в которых скорость приложения ПВН $V = 1$, а ее погрешность составляет:

$$\alpha_v = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100, \% \quad (4)$$

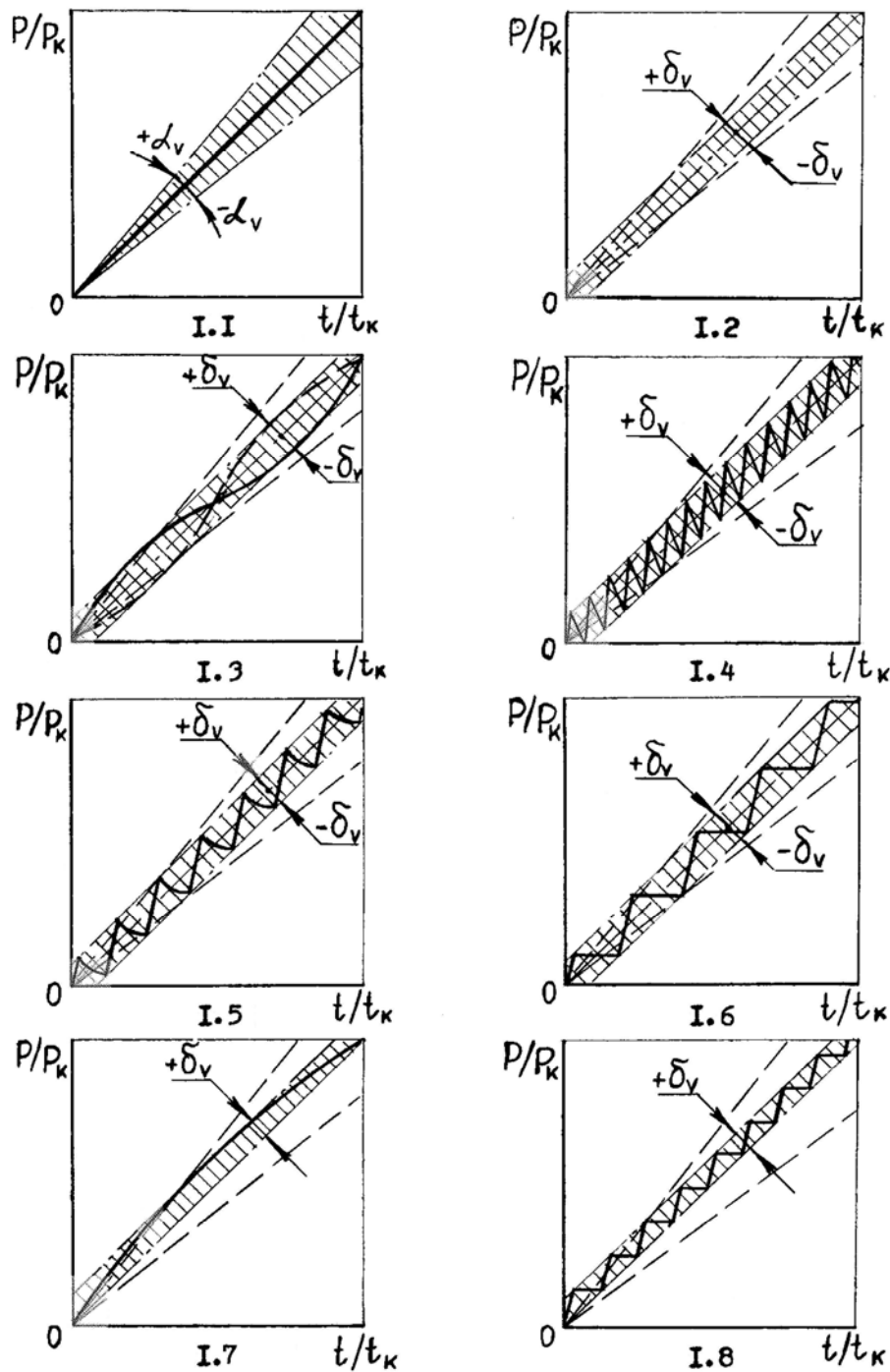


Рисунок 1 – Схемы приложения ПВН в безразмерных координатах

В пределах допускаемой погрешности скорости ПВН $2\alpha_v$ нагрузка может увеличиваться по какой угодно схеме и при этом будет постоянно возрастающей. Следовательно, необходимо определить условия, при которых погрешность скорости ПВН при реализации метода ПВН будет меньше допускаемой величины $2\alpha_v$.

Рассмотрим наиболее простой случай, когда погрешность скорости ПВН имеет постоянную величину во всем интервале нагрузки от нуля до конечного значения. На рисунках 1.2-1.8 она представлена полосой шириной $2\delta_v$.

Независимо от конструкции нагрузочной системы всегда будет иметь место некоторый начальный участок нагрузки m , в котором погрешность скорости ПВН будет выходить за пределы допускаемой величины $2\alpha_v$.

Установим связь между допускаемой погрешностью скорости ПВН α_v , погрешностью скорости ПВН реальной нагрузочной системы δ_v и значением начального участка нагрузки m , начиная с которого выполняется условие $2\delta_v \leq 2\alpha_v$ (рисунок 2).

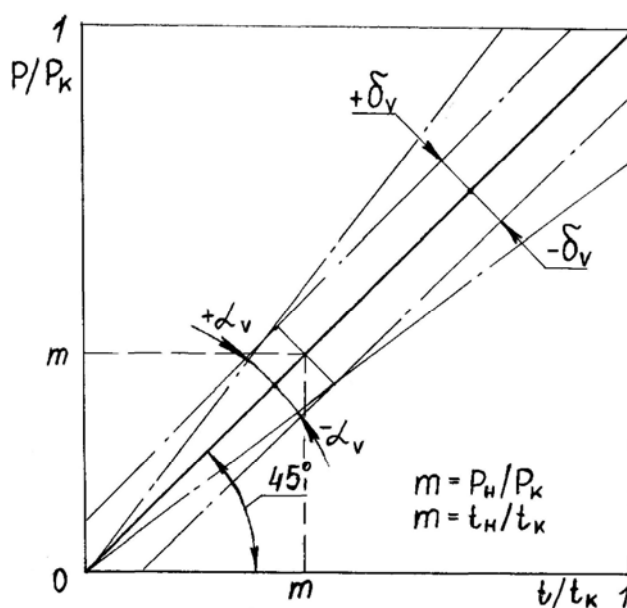


Рисунок 2 – Схема приложения ПВН в безразмерных координатах

Из рисунка 2 следует, что

$$\alpha_v = \frac{\delta_v \cdot \sin 45^\circ}{m} = 0,707 \frac{\delta_v}{m}, \quad (5)$$

где $m = P_n/P_k$ – начальный участок нагрузки, начиная с которого полоса $2\delta_v$ находится в секторе $2\alpha_v$, безразмерная величина. $0 \leq m \leq 1$.

Из приведенных схем приложения ПВН (рисунки 1.2-1.8) схемы с монотонным увеличением нагрузки на грунт (рисунки 1.7-1.8) следует считать предпочтительными, как более соответствующие схеме нагружения грунтов оснований при строительстве.

Рассмотрим один из участков, более простой в реализации монотонной схемы приложения ПВН (рисунок 3).

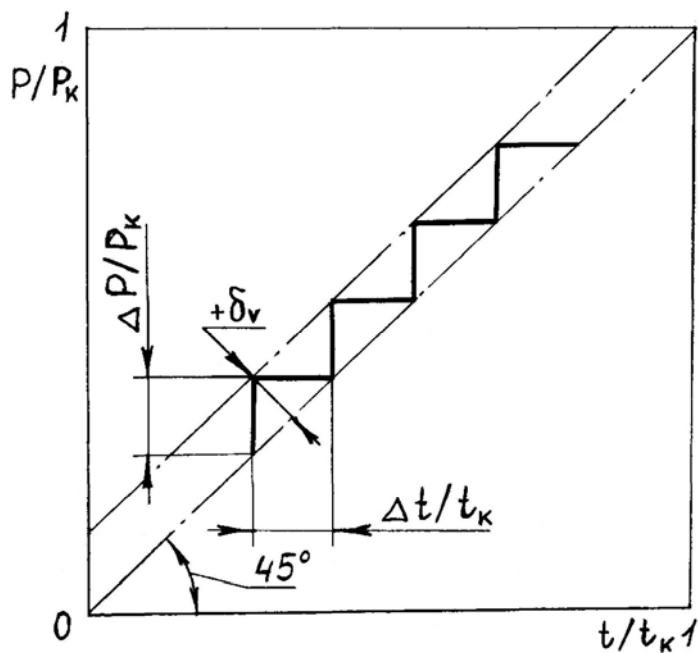


Рисунок 3 – Участок монотонной схемы приложения ПВН в безразмерных координатах

Из рисунка 3 следует, что

$$\delta_v = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P_e}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t_e}\right)^2}, \quad (6)$$

где $\Delta P = P_{\kappa}/n$ – величина интервала ПВН, на котором имеет место погрешность δ_v ;

$\Delta t = t_{\kappa}/n$ – время приращения ПВН на величину ΔP ;

n – число участков приращения ПВН с погрешностью δ_v .

После преобразований выражение (6) запишется

$$\delta_v = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n^2} + \frac{1}{n^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2n}, \quad (7)$$

Из конструктивных соображений по осуществлению нагрузочной системы для реализации метода ПВН принимаем $n = 3600$, тогда из выражения (7) получаем

$$\delta_v = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot 3600} = 0,0002 \text{ или } 0,02 \text{ \%}.$$

Полученное значение δ_v имеет весьма малую величину, что позволяет считать приложение ПВН с такой погрешностью постоянства скорости линейно возрастающей.

В качестве допускаемой погрешности скорости ПВН при реализации метода ПВН примем сравнительно малую величину, например $\alpha_v = 0,5 \text{ \%}$, и определим нагрузку P_n , начиная с которой $2\delta_v$ не превысит $2\alpha_v$ при максимальной конечной нагрузке $P_{\kappa} = 1000$ кПа.

Из выражения (5) получаем

$$P_n = \frac{0,707 \cdot 0,0002}{0,005} \cdot P_{\kappa} = 0,028 \cdot P_{\kappa}.$$

Тогда $P_n = 0,028 \cdot 1000 = 28$ (кПа).

Полученное значение начального участка нагрузки, начиная с которого выполняется условие $2\delta_v \leq 2\alpha_v$, имеет величину, удовлетворяющую практически

целям. При меньшей величине конечной нагрузки P_k , соответственно, будет меньше величина P_n .

Очевидно, оптимальной следует считать $P_n = 0,05 \cdot P_k$.

Таким образом, погрешность скорости ПВН $\alpha_v = 0,5\%$ обеспечивает условия, при которых увеличение нагрузки по любой схеме приложения будет постоянно возрастающим, и, следовательно, может быть принята за допускаемую величину.

Следует отметить, что в тех случаях, когда погрешность скорости ПВН изменяется с ростом нагрузки, т. е. не имеет постоянной величины, условие $2\delta_v \leq 2\alpha_v$ остается в силе, а связь между α_v , m и параметрами погрешности δ_v будет более сложной, чем по формуле (5). Конкретный вид этой связи может быть установлен после исследования характеристик конкретной нагрузочной системы.

Для компрессионных испытаний методом ПВН могут использоваться компрессионные приборы с системой нагружения любой конструкции, отвечающей указанным требованиям.

Одним из вариантов конструктивного выполнения системы нагружения может быть система с рычажным нагрузочным механизмом, у которого создание различных сжимающих нагрузок осуществляется путем изменения плеча приложения груза постоянной массы [15-17]. Конструктивно такой нагрузочный механизм может быть выполнен в виде рычага 1 (рисунок 4), ходового винта 2 с ходовой гайкой 3, груза 4 и привода 5. Рычаг 1 устанавливается с помощью шарнирной опоры 6 на станине 7 компрессионного прибора и передаточным блоком 8, жестко закрепленным на рычаге 1, с помощью гибкой связи 9 соединяется с нагрузочной рамкой 10, которая опирается на штамп рабочей камеры 11 (одометра), установленной на станине 7.

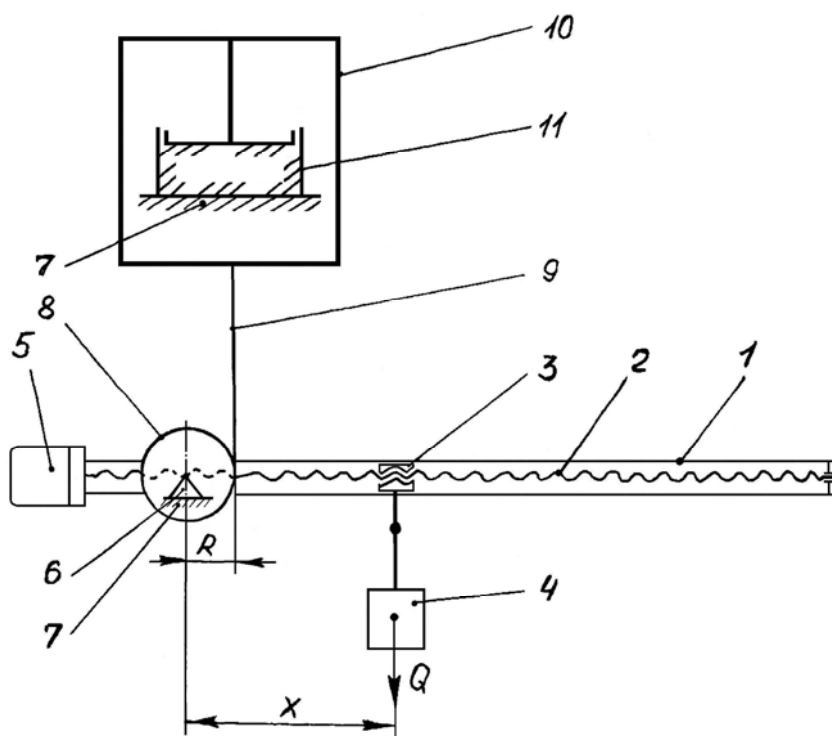


Рисунок 4 – Кинематическая схема системы нагружения с рычажным нагрузочным механизмом

Принцип действия такого нагрузочного механизма заключается в перемещении ходовой гайки 3 с грузом 4 вдоль рычага 1 с постоянной скоростью ходовым винтом 2, вращающимся с заданной скоростью приводом 5. В зависимости от направления вращения ходового винта 2, груз 4 перемещается вперед или назад. При этом плечо приложения груза 4 увеличивается или уменьшается с постоянной скоростью и, соответственно, с постоянной скоростью увеличивается или уменьшается сжимающая нагрузка в одомере 11, создаваемая нагрузочным механизмом.

Величина сжимающей нагрузки в любой момент нагружения или разгрузки, создаваемая рычажным нагрузочным механизмом, определяется по формуле

$$P_i = (Q \frac{x_i}{R} + P_0) \cdot \frac{100}{S}, \quad (8)$$

где P_i – величина сжимающей нагрузки в i -ый момент работы нагрузочного механизма, кПа;

Q – масса груза нагрузочного механизма, кг;

R – радиус передаточного блока нагрузочного механизма, мм;

x_i – плечо приложения груза в i -й момент работы нагрузочного механизма, мм;

P_0 – масса штампа одометра и нагрузочной рамки нагрузочного механизма (учитывается, если нагрузочная рамка не уравновешена), кг;

100 – коэффициент перевода величины сжимающей нагрузки в кПа.

Достоинством рычажного нагрузочного механизма является сохранение величины приложенной нагрузки при работе и остановке прибора независимо от величины осадки испытываемого образца грунта, надежность работы, простота изготовления и автоматизации, возможность использования в виде приставки к стандартным компрессионным приборам КПр-1, которые имеются практически во всех грунтоведческих лабораториях страны.

Недостатком рычажного нагрузочного механизма является появление погрешности передачи нагрузки при положении рычага выше или ниже горизонтали (рисунок 5).

Но эта погрешность передачи нагрузки может быть сведена до нуля путем изменения плеча приложения груза на величину, компенсирующую погрешность передачи нагрузки при отклонении рычага от горизонтали, или путем поддержания рычага в горизонтальном положении соответствующим механизмом при любой осадке испытываемого образца грунта.

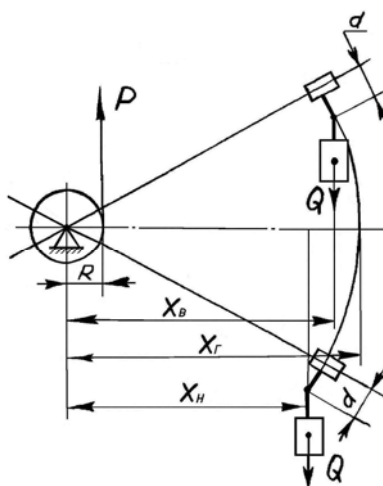


Рисунок 5 – Схема изменения плеча x приложения груза в рычажном нагрузочном механизме при закреплении груза на расстоянии d от оси перемещения ходовой гайки и различном положении рычага:
 x_B – в верхнем; x_G – в горизонтальном; x_H – в нижнем

Более простым решением, не требующим дополнительных технических доработок рычажного нагрузочного механизма, может быть его использование в диапазоне наклона рычага относительно горизонтали, обеспечивающем передачу нагрузки с погрешностью, находящейся в пределах допускаемой.

Для определения оптимального рабочего диапазона наклона рычага рычажного нагрузочного механизма (см. рисунок 4) проведена его тарировка при различной настройке конечной нагрузки в одинаковом конечном положении груза, соответственно, 500, 700, 100 и 1500 кПа, и различном исходном наклоне рычага, соответственно, +5° – для конечной нагрузки 500 кПа, +6° – для 700 кПа, +7,5° – для 1000 кПа и +10° – для 1500 кПа (таблица 1). Различная конечная нагрузка рычажного нагрузочного механизма при одинаковом конечном положении груза на рычаге создавалась путем изменения массы груза.

Погрешность передачи нагрузки рычажным нагрузочным механизмом определялась как среднее значение результатов трех тарировок нагрузочного механизма для каждой из его настроек по формуле

$$\delta = \frac{P_p - P_\phi}{P_\phi} \cdot 100, \tag{9}$$

где δ – погрешность передачи нагрузки при нагружении или разгрузке, %;

P_p и P_ϕ – соответственно, расчетное и фактическое значение нагрузки, кПа.

Таблица 1 – Погрешность передачи нагрузки рычажным механизмом, настроенным на различную конечную нагрузку при одинаковом конечном положении груза и различном наклоне рычага в исходном положении

Промежуточная нагрузка, кПа	Нагрузочный механизм, настроенный на конечную нагрузку, кПа							
	500		700		1000		1500	
	δ_n , %	δ_p , %	δ_n , %	δ_p , %	δ_n , %	δ_p , %	δ_n , %	δ_p , %
50	2,15	2,89	2,55	3,14	3,10	3,63	3,72	4,32
100	1,69	2,26	2,11	2,91	2,19	2,73	2,65	4,28
200	0,44	1,90	0,50	2,28	1,46	2,54	2,05	4,20
300	1,07	1,86	0,84	2,06	0,38	2,41	1,40	4,11

Промежуточная нагрузка, кПа	Нагрузочный механизм, настроенный на конечную нагрузку, кПа							
	500		700		1000		1500	
	$\delta_n, \%$	$\delta_p, \%$	$\delta_n, \%$	$\delta_p, \%$	$\delta_n, \%$	$\delta_p, \%$	$\delta_n, \%$	$\delta_p, \%$
400	1,12	1,65	0,94	1,98	0,42	2,30	0,74	4,01
500	1,60	–	1,15	1,80	0,48	2,18	0,20	3,96
600			1,29	1,55	0,54	2,10	0,44	3,92
700			1,40	–	0,67	2,01	0,93	3,86
800					0,82	1,89	1,25	3,70
900					1,11	1,80	1,80	3,61
1000					1,63	–	2,04	3,56
1100							2,12	3,45
1200							2,20	3,18
1300							2,28	3,05
1400							2,40	2,89
1500							2,49	–
Примечание – δ_n и δ_p – погрешность передачи нагрузки, соответственно, при нагружении и разгрузке								

Из таблицы 1 видно, что величина погрешности передачи нагрузки для всех настроек рычажного нагрузочного механизма меньше допустимой, а оптимальным рабочим диапазоном наклона рычага рычажного нагрузочного механизма следует считать $\pm(7,5-10)^\circ$.

Уменьшение погрешности передачи нагрузки рычажного нагрузочного механизма может быть достигнуто [18] путем шарнирного закрепление груза на ходовой гайке на горизонтальной оси, перпендикулярной оси перемещения ходовой гайки (рисунок 6).

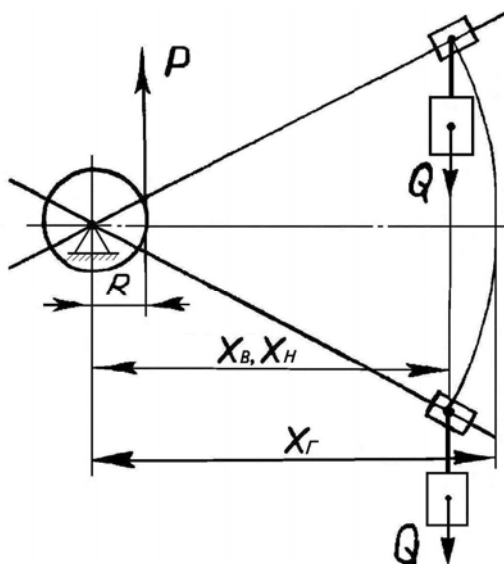


Рисунок 6 – Схема изменения плеча x приложения груза в рычажном нагрузочном механизме при закреплении груза на горизонтальной оси, перпендикулярной оси перемещения ходовой гайки и различном положении рычага:
 $xв$ – в верхнем; $xг$ – в горизонтальном; $xн$ – в нижнем

Из рассмотренных особенностей метода ПВН, исследований [3-14] и разработок [2, 15-21] следует, что компрессионный прибор для испытания грунтов методом ПВН должен обеспечивать:

монотонное увеличение ПВН от нуля до конечной величины с постоянной скоростью;

диапазон скоростей ПВН от 1 до 1000 кПа/ч, изменяемый с любым шагом от 1 кПа/ч;

постоянство скорости ПВН с допускаемой погрешностью не более $\pm 0,5\%$, начиная с нагрузки, равной 5 % ее конечной величины;

конечную нагрузку не менее 1000 кПа;

передачу на образец грунта конечной и любой промежуточной нагрузки с допускаемой погрешностью не более $\pm 5\%$;

- статическое действие и сохранение постоянства приложенной нагрузки на грунт;

- замачивание образца грунта при любой нагрузке от 0 до конечной величины через 10 кПа;

непрерывный контроль и регистрацию осадки образца грунта во время его нагружения, замачивания и разгрузки;

- контроль деформации образца грунта с дискретностью 0,005 мм;
- диапазон контроля деформации образца грунта от 0 до $\pm 9,95$ мм;
- контроль величины приложенной нагрузки с дискретностью 10 кПа;
- диапазон контроля конечной нагрузки не менее 1000 кПа;
- регистрацию результатов испытаний, позволяющую получать значение

вертикально деформации образца грунта через каждые 10 кПа нагрузки при нагружении и разгрузке, а также при конечной нагрузке и при полной разгрузке;

- определение стабилизированной деформации образца грунта при его замачивании, при конечной нагрузке и при полной разгрузке;

- критерий стабилизации деформации образца грунта – вертикальная деформация образца грунта не более 0,005 мм за время от 1 ч до 17 ч 59 мин, задаваемое с любым шагом от 1 мин.

В качестве нагрузочного механизма целесообразно использовать рычажный нагрузочный механизм с рабочим диапазоном угла наклона рычага $\pm(7,5-10)^\circ$ и шарнирным креплением груза на горизонтальной оси, перпендикулярной оси перемещения ходовой гайки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Анализ методов компрессионных испытаний грунтов / Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2015, № 2. – С. 104-125. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/337>.

2. Авт. св. СССР № 1506022 E02D 1/00. Способ определения деформационных характеристик грунтов / Горячев М.И., Денисенко В.В., Ляшенко П.А. // Открытия. Изобретения. – 1989, № 33.

3. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Компрессионные испытания грунтов постоянно возрастающей нагрузкой // Проектирование и инженерные изыскания. – 1990, № 4. – С. 26-28.

4. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Совершенствование компрессионных испытаний грунтов на основе цикличности сжимаемости / Депонированная рукопись. – М.: ВНИИТПИ, 1993, вып. 1, № 11335. – 17 с.

5. Шадунц К.Ш., Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Лабораторное определение сжимаемости грунта и расчет просадки на его основе / Всероссийская научно-практическая конференция. Лессовые просадочные грунты как основания зданий и сооружений. Кн. 2. Теория и методы расчета оснований и фундаментов. Ч. 2. – Барнаул, 1990. – С. 188-189.

6. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Ускоренное определение сжимаемости грунтов методом ПВН / Проект. – М., 1994, № 1. – С. 7-9.

7. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Новые результаты компрессионных испытаний грунтов / Проект. – М., 1995, № 2-3. – С. 76-77.

8. Ляшенко П.А. Модель деформации микроструктуры грунта / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2005, № 11. – С. 34-52.

9. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Вычисление характеристик микроструктуры грунта в опыте с компрессионным сжатием образца / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2009, № 45(01). – С. 66-82. – <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

10. Ляшенко П.А., Денисенко В.В. Контактное взаимодействие элементов микроструктуры глинистого грунта / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2012, № 78(04). – С. 291-318. – <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/25.pdf>.

11. Ляшенко П.А. Сопротивление и деформации глинистого грунта: монография. – Краснодар: КубГТУ, 2014. – 161 с.

12. Денисенко В.В., Ляшенко П.А., Снежкин Б.А. Особенности поведения глинистых грунтов при сжатии постоянно возрастающей нагрузкой // Инженерные изыскания и решение проблем охраны окружающей среды в гидротехническом строительстве. Труды института «Гидропроект», вып. 143. – М., 1990. – С. 161-166.

13. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. О критерии выбора скорости нагружения грунтов постоянно возрастающей нагрузкой / Депонированная рукопись. – М.: ВНИИТПИ, 1993, вып. 1, № 11393. – 15 с.

14. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Обоснование критерия выбора скорости нагружения грунтов при компрессионных испытаниях постоянно возрастающей нагрузкой / Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2016, № 4. – 13 с.

15. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Об экспериментальных компрессионных приборах для исследования сжимаемости грунтов постоянно возрастающей нагрузкой / Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2015, № 9 – С. 363-384. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/539>.

16. Авт. св. СССР № 1599704 G01N 3/00. Устройство для определения механических свойств грунтов / Денисенко В.В., Литвинов Ю.А. // Открытия. Изобретения. – 1990, № 38.

17. Авт. св. СССР № 1707500 G01N 3/00. Устройство для определения прочностных свойств грунтов / Денисенко В.В., Литвинов Ю.А. // Открытия. Изобретения. – 1992, № 3.

18. Авт. св. СССР № 1617321 G01N 3/00. Нагрузочный механизм для испытания грунтов / Денисенко В.В. // Открытия. Изобретения. – М., 1990, № 48.

19. Авт. св. СССР № 1608290 E02D 1/00. Компрессионный прибор / Денисенко В.В. // Открытия. Изобретения. – 1990, № 43.

20. Авт. св. СССР № 1604921 E02D 1/02, G 01 N 3/08. Устройство для компрессионных испытаний грунтов / Денисенко В.В. // Открытия. Изобретения. – 1990, № 41.

21. Авт. св. СССР № 1689508 E02D 1/00, G 01 N 33/24. Автоматический компрессионный прибор / Денисенко В.В. // Открытия. Изобретения. – 1990, № 41.

REFERENCES

1. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Analiz metodov kompressionnykh ispytaniy gruntov / Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – Krasnodar: KubGTU, 2015, № 2. – S. 104-125. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/337>.

2. Avt. sv. SSSR № 1506022 E02D 1/00. Sposob opredeleniya deformatsionnykh kharakteristik gruntov / Goryachev M.I., Denisenko V.V., Lyashenko P.A. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1989, № 33.

3. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Kompessionnye ispytaniya gruntov postoyanno vozrastayushchey nagruzkoy // Proektirovanie i inzhenernye izyskaniya. – 1990, № 4. – S. 26-28.

4. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Sovershenstvovanie kompessionnykh ispytaniy gruntov na osnove tsiklichnosti szhimaemosti / Deponirovannaya rukopis. – M.: VNIINTPI, 1993, vyp. 1, № 11335. – 17 s.

5. Shadunts K.Sh., Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Laboratornoe opredelenie szhimaemosti grunta i raschet prosadki na ego osnove / Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Lessovye prosadochnye grunty kak osnovaniya zdaniy i sooruzheniy. Kn. 2. Teoriya i metody rascheta osnovaniy i fundamentov. Ch. 2. – Barnaul, 1990. – S. 188-189.

6. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Uskorennoe opredelenie szhimaemosti gruntov metodom PVN / Proekt. – M., 1994, № 1. – S. 7-9.

7. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Noveye rezultaty kompessionnykh ispytaniy gruntov / Proekt. – M., 1995, № 2-3. – S. 76-77.

8. Lyashenko P.A. Model deformatsii mikrostruktury grunta / Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2005, № 11. – S. 34-52.

9. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Vychislenie kharakteristik mikrostruktury grunta v opyte s kompessionnym szhatiem obraztsa / Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2009, № 45(01). – S. 66-82. – <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

10. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Kontaktное vzaimodeystvie elementov mikrostruktury glinistogo grunta / Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2012, № 78(04). – S. 291-318. – <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/25.pdf>.

11. Lyashenko P.A. Soprotivlenie i deformatsii glinistogo grunta: monografiya. – Krasnodar: KubGTU, 2014. – 161 s.

12. Denisenko V.V., Lyashenko P.A., Snezhkin B.A. Osobennosti povedeniya glinistykh gruntov pri szhatii postoyanno vozrastayushchey nagruzkoy // Inzhenernye izyskaniya i reshenie problem okhrany okruzhayushchey sredy v gidrotekhnicheskom stroitelstve. Trudy instituta «Gidroproekt», vyp. 143. – M., 1990. – S. 161-166.

13. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. O kriterii vybora skorosti nagruzheniya gruntov postoyanno vozrastayushchey nagruzkoy / Deponirovannaya rukopis. – M.: VNIINTPI, 1993, vyp. 1, № 11393. – 15 s.

14. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Obosnovanie kriteriya vybora skorosti nagruzheniya gruntov pri kompressionnykh ispytaniyakh postoyanno vozrastayushchey nagruzkoy / Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – Krasnodar: KubGTU, 2016, № 4. – 13 s.

15. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Ob eksperimentalnykh kompressionnykh priborakh dlya issledovaniya szhimaemosti gruntov postoyanno vozrastayushchey nagruzkoy / Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – Krasnodar: KubGTU, 2015, № 9 – S. 363-384. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/539>.

16. Avt. sv. SSSR № 1599704 G01N 3/00. Ustroystvo dlya opredeleniya mekhanicheskikh svoystv gruntov / Denisenko V.V., Litvinov Yu.A. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1990, № 38.

17. Avt. sv. SSSR № 1707500 G01N 3/00. Ustroystvo dlya opredeleniya prochnostnykh svoystv gruntov / Denisenko V.V., Litvinov Yu.A. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1992, № 3.

18. Avt. sv. SSSR № 1617321 G01N 3/00. Nagruzochnyy mekhanizm dlya ispytaniya gruntov / Denisenko V.V. // Otkrytiya. Izobreneniya. – M., 1990, № 48.

19. Avt. sv. SSSR № 1608290 E02D 1/00. Kompressionnyy pribor / Denisenko V.V. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1990, № 43.

20. Avt. sv. SSSR № 1604921 E02D 1/02, G 01 N 3/08. Ustroystvo dlya kompressionnykh ispytaniy gruntov / Denisenko V.V. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1990, № 41.

21. Avt. sv. SSSR № 1689508 E02D 1/00, G 01 N 33/24. Avtomaticheskyy kompressionnyy pribor / Denisenko V.V. // Otkrytiya. Izobreneniya. – 1990, № 41.

*TECHNICAL REQUIREMENTS FOR COMPRESSION DEVICE
FOR SOIL TESTS BY CONSTANT RATE OF LOADING*

V.V. DENISENKO¹, P.A. LYASHENKO²

¹*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: devivi@yandex.ru*

²*Kuban State Agrarian University,
13, Kalinina st., Krasnodar, Russian Federation, 350044,
e-mail: lyseich1@yandex.ru*

It is noted that of the known methods of compression tests of soils most appropriate mode of loading the bases in the construction of soil provides a method of constant rate of loading (CRL method), which increases the reliability and accuracy of the compressibility of the soil parameters and reduces the duration of the test. The various schemes CRL application and set permissible error constant rate at which the load increase of the soil sample falls under the concept of constantly increasing. Established permissible error of load application. Formulated the technical requirements to the device for compression tests of soils by the CRL. Considered the best embodiment of a loading system with a lever the load mechanism that meets the requirements for the implementation of the method of the CRL.

Key words: constant rate of loading of soil sample, compressive load, soil stabilization rainfall, load gear.