

О СТАНДАРТЕ НА МЕТОД КОМПРЕССИОННЫХ 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: denvivi@yandex.ru*

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

Компрессионные испытания грунтов проводятся главным образом методом ступенчато возрастающей нагрузки (методом СВН), который не соответствует режимам нагружения грунтовых оснований при строительстве и трудоемок. Авторами разработан стандарт на метод компрессионных испытаний грунтов постоянно возрастающей нагрузкой (методом ПВН). В стандарте изложены: технические требования к аппаратуре для реализации метода ПВН; методика подготовки грунта и аппаратуры к испытаниям; методика выбора скорости ПВН до начала испытаний с учетом физических свойств грунтов; технология проведения испытаний и методика обработки результатов. Стандарт позволяет: сократить длительность испытаний грунтов в 1,4-8,4 раза; повысить точность определения их структурной прочности; получать значения давления начала и окончания разрушения природной структуры грунтов; оценивать случайную погрешность определения показателей сжимаемости в одиночном испытании; оценивать степень сохранности природной структуры грунтов при отборе для испытаний. Стандарт опробован на различных видах грунтов в сравнении со стандартным методом СВН и подтвердил преимущества метода ПВН по сравнению с методом СВН.

Ключевые слова: образец грунта, сжимающая нагрузка, постоянно возрастающая нагрузка, скорость приложения нагрузки, осадка образца, стабилизация осадки.

Компрессионные испытания грунтов являются одним из трудоемких процессов при производстве инженерно-геологических изысканий, т.к. производятся методом ступенчато возрастающей нагрузки (методом СВН), при котором нагрузка на грунт прикладывается отдельными ступенями с выдержкой каждой до стабилизации его осадки. Метод СВН прост в реализации, но требует больших затрат времени и не соответствует режиму нагружения грунтовых оснований при строительстве, при котором нагрузка увеличивается во времени практически постоянно [1].

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

того он повышает достоверность и точность определения показателей сжимаемости грунтов и сокращает длительность их испытаний [1-3]. Однако до настоящего времени метод ПВН не получил широкого применения при производстве инженерно-геологических изысканий, т.к. не были разработаны методика и оборудование для его практического применения.

Нами проведены исследования сжимаемости грунтов при компрессионных испытаниях методом ПВН, в результате которых: обоснована достоверность результатов испытаний грунтов методом ПВН [4, 5]; изучены особенности сжимаемости грунтов при нагружении и после его окончания в зависимости от скорости ПВН [6-7]; изучено влияние физических свойств грунтов на скорость ПВН [7-9]; исследовано влияние скорости ПВН на степень консолидации грунтов при нагружении и после его окончания [10-11]; установлены закономерности деформирования грунтов в процессе нагружения и после его окончания при постоянной конечной нагрузке в зависимости от скорости ПВН [7-9]; установлена аналитическая связь предельной скорости ПВН полностью водонасыщенных грунтов с их физическими свойствами [11]; сформулирован физически обоснованный критерий выбора скорости нагружения грунтов методом ПВН [11-12]; оценены случайная и общая погрешности определения показателей сжимаемости грунтов методом ПВН [13]; сформулированы технические требования к компрессионному прибору с постоянно возрастающей нагрузкой [14].

По результатам проведенных исследований [4-13] нами разработаны компрессионный прибор с постоянно возрастающей нагрузкой [15] и проект стандарта на метод компрессионных испытаний грунтов постоянно возрастающей нагрузкой.

Основные положения стандарта заключаются в следующем.

Область применения

Стандарт распространяются на песчаные, пылеватые и глинистые грунты природного и нарушенного сложения и не распространяется на набухающие, засоленные, заторфованные и мерзлые грунты.

Сущность метода

Сущность метода ПВН заключается в приложении на испытываемый образец грунта постоянно возрастающей нагрузки со скоростью, обеспечивающей заданную степень его консолидации в процессе нагружения.

При испытании грунта методом ПВН следующие характеристики сжимаемости с оценкой погрешностей их определения: коэффициент относительной сжимаемости m_v ; одометрический модуль деформации E_{oed} и компрессионный модуль деформации E_k для ветвей первичного и повторного нагружения; начальную P_{CH} и конечную P_{CK} структурную прочность.

При определении m_v , E_{oed} и E_k результаты испытаний оформляются в виде графиков зависимостей деформаций образца от давления.

Диапазон давлений, при которых производят испытания образцов грунта, устанавливается в программе испытаний с учетом напряженного состояния грунта в массиве, т.е. с учетом передаваемых на грунтовое основание нагрузок и бытового давления на глубине залегания испытываемого грунта. Во всех случаях конечное давление должно быть больше бытового давления на глубине залегания образца грунта.

Испытания проводят на образцах грунта ненарушенного сложения с естественной влажностью или в водонасыщенном состоянии, или на искусственно приготовленных образцах с заданными значениями плотности и влажности в соответствии с программой испытаний.

Оборудование и приборы

Для испытания грунта должны применяться компрессионные приборы обеспечивающие [14]:

- монотонное с постоянной скоростью увеличение (уменьшение) нагрузки от нуля до конечного давления с допускаемой погрешностью постоянства скорости не более $\pm 0,5$ %, начиная с давления равного 5 % его конечного значения;

- диапазон скоростей нагружения (разгрузки) от 1 до 1000 кПа/ч, изменяемый с любым шагом от 1 кПа/ч;

- максимальное конечное давление на образец грунта не менее 1000 кПа, а минимальное – не менее 200 кПа;
- передачу на образец грунта конечного и любого промежуточного давления с допускаемой погрешностью не более $\pm 5\%$ при нагружении и $\pm 10\%$ при разгрузке;
- контроль величины приложенного давления на образец грунта с дискретностью 10 кПа давления или 0,005 мм осадки образца грунта;
- статическое действие и сохранение постоянства приложенного давления на образец грунта на любом этапе его испытания;
- замачивание образца грунта жидкостью, подаваемой к нижнему торцу образца грунта, при любом давлении от 0 до конечного значения, задаваемом с шагом 10 кПа;
- определение стабилизированной осадки образца грунта при его замачивании, при конечном давлении и при полной разгрузке;
- продолжение нагружения до конечного давления после определения стабилизированной осадки замоченного образца грунта на любом давлении;
- контроль осадки образца грунта с дискретностью 0,005 мм;
- диапазон контроля осадки образца грунта от 0 до 9,95 мм;
- контроль величины приложенной нагрузки с дискретностью 10 кПа;
- регистрацию осадки образца грунта при нагружении и разгрузке непрерывно или дискретно с шагом не более 10 кПа давления или 0,005 мм осадки образца грунта, а при постоянном давлении – в моменты времени, число и шаг которые должны быть достаточными для определения стабилизированной осадки грунта наблюдением по ГОСТ 12248 или расчётом [16] по формуле (3);
- время условной стабилизации осадки образца грунта не более 0,005 мм за время от 0,5 ч до 23 ч 59 мин, задаваемое с любым шагом от 1 мин.

Рекомендуется использовать компрессионный прибор, описание которого приведено в приложении к стандарту и в работе [15].

Компрессионный прибор тарируют для учета собственных деформаций и сжимаемости бумажных фильтров не реже одного раза в год и для каждой партии фильтров.

Тарировку компрессионного прибора производят с помощью металлического вкладыша, покрытого с двух сторон бумажными фильтрами, смоченными водой, и размещенного в одомере. Вкладыш через штамп нагружают с произвольной скоростью до максимального для тарირуемого прибора конечного давления, регистрируя собственные деформации прибора с бумажными фильтрами по осадке штампа при различных значениях давления P_i через каждые 10 кПа, а затем разгружают до нуля. Тарировку производят не менее трех раз с разными фильтрами данной партии.

Средние значения собственных деформаций компрессионного прибора с бумажными фильтрами Δ_i вычисляют при всех заданных значениях давления P_i , а затем используют в качестве поправки при определении величины истинной осадки образцов грунтов заданных значениях давления P_i .

Подготовка грунта к испытаниям

Образцы грунта для испытаний изготавливают с учетом требований ГОСТ 30416.

Для испытываемых грунтов должны быть определены физические характеристики по ГОСТ 5180: влажность W , плотность грунта ρ , плотность частиц грунта ρ_s , влажность на границе текучести W_L и раскатывания W_P и гранулометрический состав по ГОСТ 12536, а также вычислены плотность сухого грунта ρ_d , коэффициент пористости e_0 , коэффициент водонасыщения S_r , число пластичности I_P и показатель текучести I_L .

Проведение испытаний

Испытания образца грунта проводят путем приложения постоянно возрастающей нагрузки от нуля до конечного давления с заданной скоростью, выбранной так, чтобы при конечном давлении в момент окончания нагружения грунт был консолидирован до заданной степени. При давлении, предусмотренном заданием на испытание, делают остановку нагружения для замачивания образца грунта и определения его стабилизированной осадки.

Скорость нагружения образца грунта задают в зависимости от его физических свойств:

1) для грунта со степенью влажности $S_r = 0,9-1,0$ – по таблицам, приведенным в приложении к стандарту, или по формуле

$$V_{\max} = 3,672 \left(\frac{100}{U} - 100 \right)^{0,1516+12,35/I_p-1,652 \cdot W/W_L+1,453 \cdot e}, \quad (1)$$

где V_{\max} – максимальная скорость нагружения образца грунта, кПа/ч;

I_p – число пластичности грунта, %;

W – природная влажность грунта, %;

W_L – влажность грунта на границе текучести, %;

e – коэффициент пористости грунта, д.е.;

U – степень консолидации грунта в момент окончания нагружения, д.е.

Для получения практически полной консолидации грунта в момент окончания его нагружения U принимают в диапазоне от 0,952 до 0,989.

Если испытываемый грунт имеет $I_p < 5$ %, то скорость нагружения принимают при $I_p = 5$ %, если $I_p > 25$ – то при $I_p = 25$ % с определением степени его консолидации при окончании нагружения по формуле (2);

Для грунта со степенью влажности $S_r < 0,9$ – по таблицам, приведенным в приложении к стандарту, или по формуле (1), а испытания проводят при полном водонасыщении образцов;

Для грунта, испытание которого должно проводиться при природной влажности, скорость нагружения задают 10 кПа/ч с определением степени его консолидации при окончании нагружения по формуле (2).

Для определения степени консолидации образца грунта при окончании нагружения его испытание производят с определением дополнительной стабилизированной осадки при постоянном конечном давлении после нагружения.

Степень консолидации образца грунта в момент окончания нагружения рассчитывают по формуле

$$U = \frac{S_{\kappa}}{S_{\kappa} + S_c}, \quad (2)$$

где S_{κ} – осадка образца грунта при окончании нагружения, мм;

S_c – дополнительная стабилизированная осадка образца грунта при постоянном конечном давлении после нагружения, мм.

Если после окончания нагружения образца грунта $U < 0,952$, то необходимо провести испытания других образцов того же грунта, уменьшая скорость нагружения до получения $U \geq 0,952-0,989$.

Разгрузку образца грунта производят ускоренно или в условиях уменьшения давления с заданной скоростью до нуля или любого промежуточного давления. Скорость разгрузки устанавливают в программе испытаний грунта.

По специальному заданию для определения модуля деформации на ветви повторного нагружения может быть произведена разгрузка образца грунта, а затем повторное нагружение.

Последняя ступень разгрузки и начало повторного нагружения определяются заданием.

Повторное нагружение производится аналогично первому нагружению.

В течение испытания образца грунта регистрируют приложенное давление и осадку образца грунта (осадку штампа одометра):

- при нагружении и разгрузке – синхронно с изменением давления непрерывно или дискретно с шагом не более 10 кПа давления или 0,005 мм осадки образца грунта;

- при замачивании и определении стабилизированной осадки образца грунта – в моменты времени, число и шаг которых должны быть достаточны для определения стабилизированной осадки образца грунта наблюдением по ГОСТ 12248 или расчетом [16] по формуле

$$S_c = S_n + A \cdot \ln \frac{t_c}{t_n}, \quad (3)$$

где S_c и S_n – значение осадки грунта при постоянном давлении соответственно стабилизированное и n -ое (текущее), мм;

t_c и t_n – время действия постоянного давления после его приложения до достижения значений осадки грунта соответственно S_c и S_n , ч;

A – параметр кривой консолидации, вычисленный по данным наблюдения за осадкой образца грунта в моменты времени t_n, t_{n+1}, t_{n+2} , мм.

Испытания просадочных грунтов методом постоянно возрастающей нагрузки проводят по схеме «двух кривых» по ГОСТ 23161 или по схеме «одной кривой» этого же стандарта.

После окончания испытания необходимо удалить воду сверху образца и из поддона, снять нагрузку, взвесить рабочее кольцо с грунтом, предварительно удалив фильтры, определить влажность и массу сухого грунта.

Обработка результатов испытаний

По результатам компрессионных испытаний образца грунта вычисляют:

1) абсолютную вертикальную деформацию образца грунта S_i , мм, с точностью 0,005 мм с учетом собственных деформаций прибора с бумажными фильтрами вычисляют при всех заданных значениях давления P_i по формуле

$$S_i = S_{oi} - \Delta_i, \quad (4)$$

где S_{oi} – величина общей осадки образца грунта и собственных деформаций прибора с бумажными фильтрами при давлении P_i , мм;

Δ_i – среднее значение собственных деформаций компрессионного прибора с бумажными фильтрами при давлении P_i , мм;

2) относительную вертикальную деформацию образца грунта ε_i , д.е., с точностью 0,001 д.е. при всех заданных значениях давления P_i по формуле

$$\varepsilon_i = \frac{S_i}{h}, \quad (5)$$

где h – начальная высота образца грунта до испытания, мм;

3) коэффициент пористости грунта e_i с точностью 0,001 д.е. при всех заданных значениях давления P_i по формуле

$$e_i = e_0 - \varepsilon_i(1 + e_0). \quad (6)$$

4) коэффициент относительной сжимаемости m_v , МПа⁻¹, с точностью 0,001 МПа⁻¹ в заданных интервалах давления от P_{i-1} до P_i по формуле

$$m_{vi} = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}}{P_i - P_{i-1}}, \quad (7)$$

где P_{i-1} и P_i – граничные значения давления i -го интервала, МПа.

5) начальную P_{CH} и конечную $P_{СК}$ структурную прочность грунта по графику $m_v(P)$.

Значение P_{CH} соответствует резкому подъему в начале графика $m_v(P)$, а значение $P_{СК}$ соответствует началу существенного снижения графика $m_v(P)$ после участка стабильно высоких значений (рисунок 1).

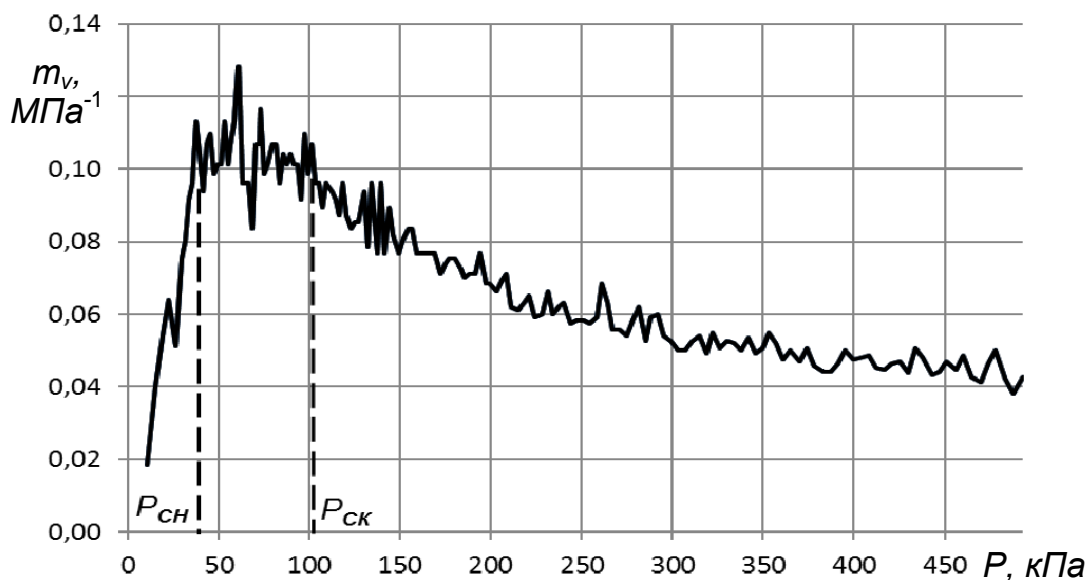


Рисунок 1 – График $m_v(P)$ при компрессионном испытании образца грунта № 1 постоянно возрастающей нагрузкой с двумя значениями структурной прочности – начальным P_{CH} и конечным $P_{СК}$

Случай отсутствия участка стабильно высоких значений графика $m_v(P)$ (рисунок 2) дает одно конечное значение структурной прочности $P_{СК}$ и указывает на то, что природная структура грунта была нарушена до испытания.

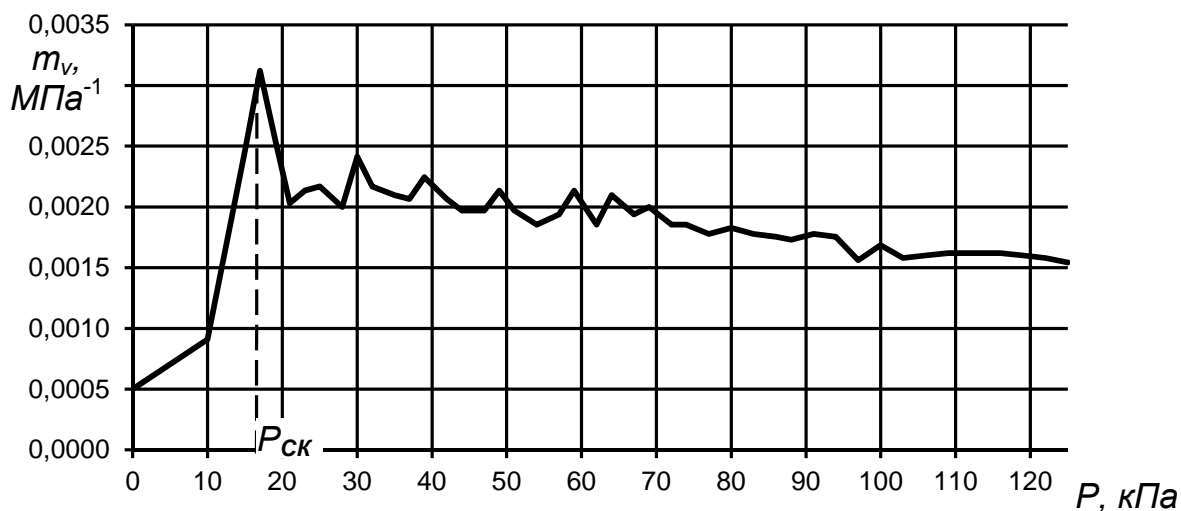


Рисунок 2 – График $m_v(P)$ при компрессионном испытании образца грунта № 2 постоянно возрастающей нагрузкой с одним конечным значением структурной прочности $P_{СК}$

Участок стабильно высоких значений определяется по минимальному значению коэффициента вариации значений $m_v(P)$ в диапазоне давлений, начинающегося значением P_{CH} и включающем значение, при котором $m_v(P)$ достигает максимума;

б) одометрический E_{oedi} и компрессионный E_{Ki} модули деформации, МПа, с точностью 0,1 МПа в заданных интервалах давления от P_{i-1} до P_i по формулам:

- в интервале давления $P = P_{CH} - P_{CK}$

$$E_{oedi} = \frac{P_i - P_{i-1}}{\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}} ; \quad (8)$$

- в интервале давления $P \geq P_{CK}$

$$E_{Ki} = \frac{P_i - P_{i-1}}{\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}} \cdot \beta , \quad (9)$$

где β – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения образца грунта в компрессионном приборе и вычисляемый по формуле

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu} , \quad (10)$$

где ν – коэффициент поперечной деформации, определяемый по результатам испытаний в приборах трехосного сжатия или в компрессионных приборах с измерением бокового давления.

При отсутствии экспериментальных данных для определения значения ν допускается принимать β равным: 0,8 – для песков; 0,7 – для супесей; 0,6 – для суглинков и 0,4 – для глин;

7) относительную погрешность определения значений m_v , E_{oed} и E_K , %, по формуле

$$\delta_m = \delta_E = \sqrt{\delta_u^2 + \delta_c^2} , \quad (11)$$

где δ_u – относительная систематическая (инструментальная) погрешность, %;

δ_c – относительная случайная погрешность, %.

$$\delta_u = \delta_p + \delta_\varepsilon , \quad (12)$$

где δ_p – относительная погрешность определения давления на торцах образца грунта, %;

δ_ε – относительная погрешность определения вертикальной деформации образца грунта, %.

$$\delta_p = \delta_p^H + \delta_p^o + \delta_p^K, \quad (13)$$

$$\delta_\varepsilon = \delta_\varepsilon^o + \delta_\varepsilon^K, \quad (14)$$

где δ_p^H – относительная погрешность приложения давления на образец грунта, %;

δ_p^o – относительная погрешность средства измерения, которым осуществляется измерение давления на образец грунта, %;

δ_p^K – относительная погрешность определения площади поперечного сечения рабочего кольца одометра (образца грунта), %;

δ_ε^o – относительная погрешность измерения осадки образца грунта, %;

δ_ε^K – относительная погрешность измерения высоты рабочего кольца одометра (начальной высоты образца грунта), %.

Случайную погрешность рассчитывают на участках графика $m_v(P)$, содержащих не менее 6-ти его значений, по формуле

$$\delta_c = \frac{\sigma_m}{m_{cp}} 100, \quad (15)$$

где m_{cp} и σ_m – соответственно среднее значение m_v и среднее квадратическое отклонение m_v от m_{van} на рассматриваемом участке графика $m_v(P)$, на котором производилось усреднение экспериментальных значений m_v , МПа⁻¹;

Погрешность определения значений структурной прочности принимают равной двум шагам регистрации данных испытаний образца.

При оформлении результатов испытаний грунтов на сжимаемость указывают: скорость нагружения; модуль деформации и (или) коэффициент относительной сжимаемости в заданных интервалах давления и погрешность их определения в тех же интервалах; структурную прочность.

В трех приложениях к стандарту приведены:

- описание разработанного компрессионный прибор для испытания грунтов постоянно возрастающей нагрузкой;

- таблицы для определения значения максимальной скорости постоянно возрастающей нагрузки V_{max} водонасыщенных грунтов с $S_r = 0,9-1,0$,

обеспечивающей в момент окончания нагружения степень консолидации $U \geq 0,952$, в зависимости от физических свойств грунта;

- примеры обработки результатов испытаний, в т.ч. определения относительной погрешности определения значений m_v , E_{oed} и E_k .

Стандарт опробован на различных видах грунтов в сравнении со стандартным методом СВН по ГОСТ 12248 и подтвердил преимущества метода ПВН по сравнению с методом СВН.

Стандарт позволяет: сократить длительность испытаний грунтов в 1,4-8,4 раза; повысить точность определения структурной прочности грунтов; получать значения давления, при которых начинается и заканчивается разрушение природной структуры грунтов; оценивать случайную погрешность определения показателей сжимаемости в одиночном испытании; оценивать степень сохранности природной структуры грунтов при отборе для испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

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

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

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

4. Ляшенко П.А., Денисенко В.В., Беляева Ю.А. Изучение структурной прочности глинистого грунта при постоянно возрастающей нагрузке // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012, № 84 (10). – С. 207-221. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/47.pdf>.

5. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Повышение точности определения структурной прочности грунтов методом постоянно возрастающей нагрузки // Научные труды Кубанского государственного технологического университета, 2015, № 3. – С. 83-96. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/361>.

6. Ляшенко П.А. Микроструктурная деформируемость глинистых грунтов. – Краснодар: КубГТУ, 2001. – 123 с.

7. Ляшенко П.А. Сопротивление и деформации глинистого грунта. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 163 с.

8. 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, 2009, № 45 (01). – С. 66-82. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

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

10. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Исследование влияния скорости приложения постоянно возрастающей нагрузки на дополнительную осадку грунтов после окончания приложения нагрузки // Научные труды Кубанского государственного технологического университета, 2016, № 12 – С. 53-64. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1218>.

11. 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, № 5. – С. 110-122. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/962>.

12. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. О критерии выбора скорости нагружения грунтов постоянно возрастающей нагрузкой // Библиографический указатель депонированных рукописей. – М.: ВНИИТПИ, 1993, вып. 1, № 11393. – 15 с.

13. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Об оценке случайной погрешности определения показателей сжимаемости грунтов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2014, № 4.– С. 52-59.

14. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Технические требования к компрессионному прибору для испытаний грунтов постоянно возрастающей нагрузкой // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – Краснодар: КубГТУ, 2016, № 6. – С. 11-28. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1000>.

15. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Автоматический компрессионный прибор АКП-6Н для испытания грунтов постоянно возрастающей нагрузкой // Научные труды Кубанского государственного технологического университета – Краснодар: КубГТУ, 2016, № 6. – С. 156-169. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1014>.

16. Денисенко В.В., Ляшенко П.А. Ускорение испытаний грунтов на сжимаемость путем определения момента, с которого их осадка происходит по логарифмической зависимости // Научные труды Кубанского государственного технологического университета, 2014, № 5. – С. 51-61. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/224>.

REFERENCES

1. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Analysis of soil compression test methods // Proceedings of the Kuban State University of Technology, 2015, № 2. – P. 104-125. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/337>.

2. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Rapid determination of the compressibility of the soil by HRP // Project. – M., 1994, № 1. – P. 7-9.

3. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. New results of compression tests of soils // project. – M., 1995, № 2-3. – P. 76-77.

4. Lyashenko P.A., Denisenko V.V., Belyaev Y.A. The study of the structural strength of the clay soil at an ever increasing load KubGAU // Scientific Journal. – Krasnodar: KubGAU, 2012, № 84 (10). – P. 207-221. – <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/47.pdf>.

5. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Improving the accuracy of determining the structural strength of soil by constantly increasing load // Proceedings of the Kuban State University of Technology, 2015, № 3. – P. 83-96. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/361>.

6. Lyashenko P.A. Microstructural deformability of clay soils. – Krasnodar: KubGTU, 2001. – 123 p.

7. Lyashenko P.A. Resistance and deformation of clayey soil. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 163 p.

8. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Calculating the characteristics of the soil microstructure in the experiment with the compression of the sample compression // multidisciplinary network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2009, № 45 (01). – P. 66-82. – <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/03.pdf>.

9. Lyashenko P.A., Denisenko V.V. Contact interaction of elements of clay soil microstructure // multidisciplinary network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University, 2012, № 78 (04). – P. 291-318. – <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/25.pdf>.

10. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Research of influence of applications is constantly increasing rate of the load on the additional sediment soil after application of the load // Proceedings of the Kuban State University of Technology, 2016, № 12. – P. 53-64. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1218>.

11. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Justification Soil loading rate criterion in the selection of compression tests are constantly increasing load // Proceedings of the Kuban State University of Technology. – Krasnodar: KubGTU 2016, № 5. – P. 110-122. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/962>.

12. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. On a criterion for the selection of ground loading rate is constantly increasing load // Bibliography of deposited manuscripts. – M.: VNIINTPI, 1993, vol. 1, № 11393. – 15 p.

13. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. An estimate of the random error in the determination of soil compressibility indices // Science. Equipment. Technology (Polytechnic Gazette). 2014, № 4. – P. 52-59.

14. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Technical requirements for the compression device for testing soil constantly increasing load // Proceedings of the Kuban State University of Technology. – Krasnodar: KubGTU, 2016, № 6. – P. 11-28. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1000>.

15. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Automatic compression ACP-6N tester soil constantly increasing load // Proceedings of the Kuban State University of Technology. – Krasnodar: KubGTU 2016, № 6. – P. 156-169. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/1014>.

16. Denisenko V.V., Lyashenko P.A. Acceleration of soil tests on compressibility by determining the moment from which their sediment occurs according to logarithmic dependence // Scientific works of Kuban State Technological University, 2014, № 5. – P. 51-61. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/224>.

*ABOUT THE STANDARD FOR THE COMPRESSION TEST METHOD
GROUNDS OF CONSTANTLY RISING LOAD*

V.V. DENISENKO¹, P.A. LYASHENKO²

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

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

Compression tests of soils are carried out mainly by the method of stepwise increasing load (method SVN), which does not correspond to the loading conditions of soil bases during construction and labor-intensive. The authors developed a standard on the method of compressive tests of soils with a constantly increasing load (method PVN). The standard sets out: technical requirements for the equipment for the implementation of the method PVN; Method of preparation of soil and equipment for testing; The method of selecting the velocity of the PVN before the tests begin taking into account the physical properties of the soils; Technology of testing and methods of processing results. The standard allows: to reduce the duration of soil tests in 1.4-8.4 times; Increase the accuracy of determining their structural strength; To obtain the pressure values of the beginning and the end of the destruction of the natural structure of soils; Estimate the random error in the determination of compressibility indices in a single test; To assess the degree of conservation of the natural structure of soils when selecting for testing. The standard was tested on different types of soils in comparison with the standard method of SVN and confirmed the advantages of the method PVN in comparison with the method of SVN.

Key words: soil sample, compressive load, constantly increasing load, speed of load application, sample sedimentation, stabilization of precipitation