

DOI: 10.15593/2224-9826/2015.4.03

624.131.524.4: 624.131.259

В.В. Лушников¹, Б.А. Солдатов², Л.А. Пивоваров³¹ Институт УралНИИпроект РААСЕ, Екатеринбург, Россия² ООО «Свайные технологии», Екатеринбург, Россия³ ООО «Строительно-монтажное управление № 30»,
Екатеринбург, Россия

ОСНОВНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОЕКТУ НОРМАТИВА ПО ИСПЫТАНИЯМ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

С выходом актуализированной главы СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» проблема оценки несущей способности буронабивных свай-стоек крайне обострилась в связи необходимостью учета трещиноватости скальных грунтов, которая существенно снижает расчетные значения их несущей способности. Многочисленные испытания свай свидетельствуют о значительных различиях расчетных и полевых оценок несущей способности свай, а на первое место выдвигается проблема испытаний скальных грунтов в полевых условиях.

Объект исследования – преимущественно трещиноватые скальные грунты, а цель – разработка предложений к нормативному документу по испытаниям штампами скальных грунтов в полевых условиях, поскольку существующие нормативы не регламентируют испытания именно скальных грунтов; также отсутствуют нормативы по испытаниям свай-стоек в скальных грунтах.

Норматив предназначен для достоверной оценки прочности скальных грунтов на предварительной стадии расчетов несущей способности свай и обычных фундаментов.

Предложения основаны на опыте проведения испытаний скальных грунтов Среднего Урала и касаются назначения оптимальных размеров штампов, режимов нагружения, выдержки на грузок во времени, установления предельных нагрузок на штампы при испытаниях.

Ключевые слова: класс скальных грунтов, несущая способность, трещиноватость, свай-стойки, испытания штампами.

V.V. Lushnikov¹, B.A. Soldatov², L.A. Pivovarov³¹Institute of UralNIIProekt RAASN, Ekaterinburg, Russian Federation²LTD "Pile technologies", Ekaterinburg, Russian Federation³LTD "An Assembling-Management Building № 30",
Ekaterinburg, Russian Federation

BASIC SUGGESTIONS TO THE PROJECT OF NORM ON TESTS ROCKY SOILS IN THE FIELD TERMS

With the release of the updated Chapters "Pile foundations" the problem of estimation of bearing capacity of bored piles-racks is extremely deteriorated due to the necessity of considering fracture rocky soils, which significantly reduces the estimated value of their bearing capacity. Numerous

tests of piles indicate significant deviations between the calculated and field estimates of bearing capacity of piles, and put forward the problem of testing rocky soils in the field.

The object of research is predominantly fractured rocky soil, and the goal is to develop proposals to the regulatory document for testing stamps rocky soils in field conditions because existing regulations do not regulate, test it rocky soils; also there are no standards testing piles stands on the rocky soil.

The standard is designed for reliable estimates of the strength of rocky ground at the preliminary stage of the calculations of bearing capacity of piles and conventional foundations.

Suggestions based on experience of testing rocky soils of the Middle Urals and relate to the designation of the optimal size of stamps, loading modes, shutter speed, load time, for limit loads on the dies during the test.

Keywords: class rocky soils, load capacity, fracture, bored piles-rack, test stamps.

Введение

Проблемы оценки влияния трещиноватости скальных грунтов на несущую способность буронабивных свай-стоек подробно рассмотрены в статье [1]. Глава СП 24.13330.2011 требует введения в расчетные значения прочности скалы R_c показателя качества породы RQD, который приводит к резкому (до 20 раз!) снижению их расчетной несущей способности. Особенно это актуально для специфических условий Среднего Урала, где на многих площадках под концами таких свай залегают именно трещиноватые скальные грунты.

В статье [1] также отмечается несогласованность ряда нормативов (ГОСТ 21153.2–84, ГОСТ 25100–2011, ГОСТ Р 50544–93), касающихся оценок трещиноватости. Организации, выполняющие инженерные изыскания, проводят ее оценку преимущественно визуально, без проверки ряда объективных параметров, как этого требуют указанные нормативы.

Вполне логично утверждать, что несущую способность свай нужно устанавливать при изысканиях. Однако испытания свай на стадии изысканий в большинстве случаев не имеют практического смысла – на этой стадии еще не известны конструкция фундамента (свайные, столбчатые), глубина котлована, длина свай и др.

Рекомендуемые в ряде нормативных документов испытания скальных грунтов штампами (например, [2]) применяются исключительно редко, причем в этом нормативе не регламентированы ни размеры и форма штампа, ни режимы нагружения. Также невозможно использование положения ГОСТ 5686–2012 для испытаний свай-стоек в скальных грунтах, поскольку он даже формально не предусматривает этого.

Сегодня реальность такова: в проектах свайных фундаментов будут неизбежно закладываться избыточные решения – с большей длиной или числом свай. После испытаний свай на стадии строительства

почти всегда возникает необходимость корректировки первоначально-го проекта, что требует дополнительных затрат и времени на уточнение или коренное изменение проекта.

Поэтому целесообразна разработка нового норматива, регламентирующего проведение таких испытаний. Далее на основе имеющегося опыта испытаний скальных грунтов Среднего Урала описываются предложения к этому нормативу.

1. Свойства скальных грунтов

Класс скальных грунтов (ГОСТ 25100–2011), имеющих показанные в табл. 1 разновидности, имеет очевидные особенности.

Скальные разновидности с высокой прочностью практически несжимаемы, но прочность более слабых полускальных разновидностей ($R_c < 1$) только примерно в 2 раза меньше расчетного сопротивления крупнообломочных грунтов ($R = 0,5 \dots 0,6$ МПа).

Эти особенности должны учитываться при назначении размеров штампов, режимов нагружения, времени выдержки и др.

Второй важной особенностью скальных грунтов, которая имеет непосредственное отношение к расчетам буронабивных свай, является их трещиноватость, которая повсеместно проявляется в грунтах низкой прочности.

Согласно ГОСТ 25100–2011 трещиноватость характеризуется показателем качества породы RQD. В зависимости от RQD глава СП 24.13330.2011 требует вводить наряду со значением R_c коэффициент снижения прочности K_S (табл. 2).

Показатель RQD определяется измерением процентного выхода кусков керна, длина которых превышает 100 мм [3, 4]. Куски керна, не отличающиеся крепостью или прочностью, не учитываются, даже если их длина составляет 100 мм. Показатель RQD – это ведущий индикатор зон скальных пород низкого качества. Он широко используется в зарубежной практике в качестве стандартного параметра в регистрации керна и имеет принципиальное значение для основных систем классификации скальных грунтов – характеристики толщи и системы номенклатурных показателей. RQD определяется как отношение $(\text{Sumof}l_{10})/I_{\text{tot}} \cdot 100$ %, где $(\text{Sumof}l_{10})$ – сумма длины кусков керна длиной более 10 см; I_{tot} – общая длина керна. Опыт использования RQD при оценке устойчивости бортов карьеров описан в работе [5].

Согласно [3] индекс RQD позволяет классифицировать качество массива горных пород следующим образом: RQD < 25 % – очень низкое; RQD = 25...50 % – низкое; RQD = 50...75 % – хорошее; RQD = 75...90 % – высокое; RQD = 90...100 % – отличное.

Таблица 1

Скальные грунты, площади штампов A , значения Δp , Δt и V

Разновидность грунтов (предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа)	Площадь штампа A , см ²	Ступени давления Δp , МПа	Время выдержки Δt , мин	Скорость нагружения V , МПа/мин
Скальные:				
очень прочные ($R_c > 120$)	100	10	1	10
прочные ($120 < R_c \leq 50$)	100	7,5	2	3,75
средней прочности ($50 < R_c \leq 15$)	100	2,5	3	0,83
малопрочные ($15 < R_c \leq 5$)	200	1	5	0,2
Полускальные:				
пониженной прочности ($5 < R_c \geq 3$)	200	0,5	10	0,05
низкой прочности ($3 < R_c \geq 1$)	300	0,2	10	0,02
очень низкой прочности ($R_c < 1$)	300	0,1	15	0,007

В главе СП 24.13330.2011 вместо перечисленных выше категорий качества массива (от «очень низкое» до «отличное») введены категории «степень трещиноватости» (от «очень сильнотрещиноватые» до «очень слаботрещиноватые»), каждой из которых соответствует коэффициент снижения прочности K_S (см. табл. 2).

Таблица 2

Оценка трещиноватости по СП 24.13330.2011 (табл. 7.1)

Степень трещиноватости	Показатель качества породы RQD, %	Коэффициент снижения прочности K_S
Очень слаботрещиноватые	90–100	1,00
Слаботрещиноватые	75–90	0,60–1,00
Среднетрещиноватые	50–75	0,32–0,60
Сильнотрещиноватые	25–50	0,15–0,32
Очень сильнотрещиноватые	0–25	0,05–0,15

Ввиду отсутствия российских нормативов по установлению показателя RQD оценка трещиноватости может быть произведена по ГОСТ 25100–2011:

1) по табл. Г.3 – по соотношению скоростей упругих продольных волн в массиве скального грунта (V_{pM}) и в блоке отдельности (V_{pE}): слаботрещиноватый – $V_{pM}/V_{pE} > 0,6$; сильнотрещиноватый – $V_{pM}/V_{pE} = 0,1 \dots 0,03$;

2) одним из двух способов по табл. Г.1:

– по коэффициенту трещинной пустотности КТП – отношению объема пустот в единице объема скального грунта (ГОСТ Р 50544–93): слаботрещиноватый – КТП = 0,05...0,15; сильнотрещиноватый – КТП = 1,5...3;

– по соотношению длины L и расстояния между трещинами A : слаботрещиноватый – $L/A = 1-1,5$; сильнотрещиноватый – $L/A = 2,5 \dots 4$.

2. Размеры штампов

При назначении оптимальных размеров штампов для испытания скальных грунтов необходимо учитывать следующее. Если ориентироваться на близкий по назначению норматив (ГОСТ 21153.2–84), диаметры образцов для испытаний принимают от 30 до 80 мм. В ГОСТ 20276–2012 для испытаний нескальных грунтов используют штампы площадью A от 600 до 5000 см², причем меньшие размеры используют при испытаниях крупнообломочных грунтов.

При принятых размерах штампов и даже минимальной прочности скального грунта, например $R = 1$ МПа, требуемая для испытаний нагрузка составила бы от 60 до 500 кН, что требует больших затрат, а для более прочных грунтов испытание практически неосуществимо.

Учитывая различную прочность скальных грунтов, площади штампов A целесообразно принимать в зависимости от предела прочности грунтов на одноосное сжатие R_c – от 100 до 300 см² (см. табл. 1).

Использование штампов площадью 200 и 300 см² может быть рекомендовано для полускальных грунтов от пониженной до очень низкой прочности. Они, как отмечалось, имеют высокую трещиноватость, поэтому штампы меньшей площади не могут учесть влияния трещиноватости на прочность таких разновидностей, близких по свойствам к крупнообломочным грунтам.

В целом штампы площадью от 100 до 300 см² могут составить ряд размеров, согласующийся с размерами штампов для нескальных грунтов; последние в табл. 3 условно разделены на крупнообломочные, прочные, средние и слабые.

Таблица 3

Нормальный ряд площадей штампов A , см²

Скальные и полускальные			Нескальные			
Очень прочные, прочные и средней прочности	Малопрочные и пониженной прочности	Низкой и очень низкой прочности	Крупно-обломочные	Песчаные и глинистые		
				Прочные	Средние	Слабые
100	200	300	600	1000	2500	5000

3. Режимы нагружения

Норматив ГОСТ 21153.2–84 регламентирует непрерывное нагружение образцов скального грунта со скоростью $V = 1...5$ МПа/с, поскольку деформации в них развиваются независимо от времени.

1. Ступени давления. При испытаниях грунтов и других материалов, как правило, используется ступенчатый режим нагружения, когда нагрузки прикладываются ступенями Δp с выдержкой каждой в течение времени Δt . Такой же режим целесообразно использовать и при испытании штампом скальных грунтов. Ступени давления Δp , как принято в практике испытаний, целесообразно назначать в пределах от 1/10 до 1/15 от предельной нагрузки. Однако, как будет показано далее, число ступеней, а также диапазон передаваемых на грунты давлений могут быть существенно ограничены.

2. Время выдержки ступеней Δt – от 1 до 15 мин в зависимости от прочности скального грунта (см. табл. 1) с учетом более медленного развития деформаций в менее прочных скальных грунтах. Такая скорость существенно меньше, чем в лабораторных опытах, но выше, чем при испытаниях нескальных грунтов, что обусловлено меньшей скоростью развития деформаций в скальных грунтах. При реализации ступенчатого режима скорость роста нагрузки V должна быть от 10 до 0,007 МПа/мин (см. табл. 1).

4. Измерения осадок

Обычно используемые прогибомеры типа БПАО с погрешностью 0,01 мм вполне достаточны для измерений. Как отмечалось, осадки в скальных грунтах незначительны, а в полускальных низкой прочности они будут близкими к осадкам в крупнообломочных грунтах. Однако при установлении предельной прочности осадки в грунтах более

низкой прочности могут быть большими, соизмеримыми с осадками в нескальных грунтах. За предельные целесообразно принять осадки в $S = 20 \dots 40$ мм.

5. Разгрузка штампа

Разгрузку штампа целесообразно производить двойными ступенями против указанных в табл. 1 значений Δp , с выдержкой каждой $\Delta t = 1$ мин.

6. Установки (штампы) для испытаний скальных грунтов

Штампы для испытания скальных грунтов принципиально не отличаются от установок (штампов), применяемых в нескальных грунтах. Все установки имеют выработку (котлован, шурф, скважину), собственно штамп и нагрузочные устройства (платформы, грузы, анкерные сваи), измерительные устройства.

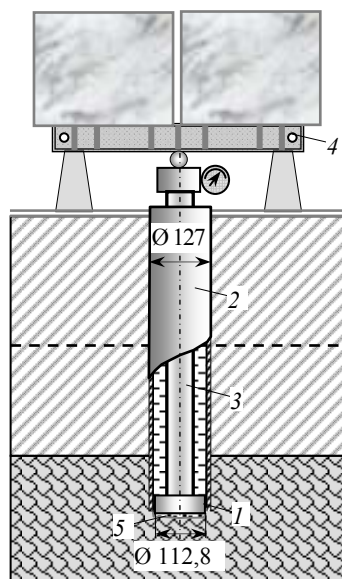


Рис. 1. Установка (штамп)
для испытаний скальных грунтов

На рис. 1 показана разработанная авторами установка для испытаний скальных грунтов со штампом площадью 100 см^2 . Штамп 1 устанавливается в скважину, закрепленную обсадной трубой 2, а нагружение его ведется через нагрузочную трубу 3 платформой 4 с грузами либо с анкерами.

Основную проблему при испытании скальных грунтов представляет ликвидация трудно устранимых неровностей в забое скважины (поз. 5), что приводит к дополнительным осадкам, а на начальных этапах нагружения – к образованию микротрещин, снижающих прочность грунта.

Для уменьшения влияния неровностей под штампом обычно делается выравнивающая подсыпка из песка, поворот штампа относительно вертикальной оси [2].

На стадии разработки есть предложения авторов по улучшению контакта штампа с грунтом – введением в скважину быстротвердеющих растворов – опусканием в скважину емкости с раствором в эластичной оболочке либо присоединением емкости к штампу снизу.

7. Программа испытаний

Испытаниям подвергается инженерно-геологический элемент (ИГЭ) скального грунта, выделенный на предварительной стадии изысканий.

Полный комплекс испытаний включает проведение не менее шести опытов для каждого ИГЭ с установлением нормативного R_n и расчетного значений R_c при заданном уровне доверительной вероятности α .

Расстояние между смежными скважинами в свету на одной глубине должно быть не менее двух диаметров обсадной трубы, а при испытании на разных глубинах – не менее разницы глубин установки штампов.

В ряде случаев число испытаний может быть уменьшено, если в ходе первых 2–3 испытаний будет установлено, что полученная выборка результатов характеризует единый ИГЭ. Согласно требованиям ГОСТ 20522–2012 для единого ИГЭ коэффициент вариации не должен превышать $V = 0,3$. Например, если в первых испытаниях максимальное и минимальное значения прочности R_i различаются более чем в 2 раза (точнее, на величину $2\gamma_g = 2 \cdot 1,4 = 2,8$), следует признать, что результаты характеризуют разные ИГЭ. В этом случае число испытаний необходимо увеличить до шести или более, а на основании статистической обработки частных значений исключить случайные значения R_i , вычислить коэффициент вариации V (с проверкой правила « $V \leq 0,3$ »), значения R_n , γ_g и R_c при $\alpha = 0,95$.

В случае, если число испытаний менее шести, но $V \leq 0,3$, за нормативное значение прочности R_n следует принимать наименьшее предельное сопротивление $R_{i, \min}$ и учитывать его в расчетах с коэффициентом надежности $\gamma_g = 1$.

8. Предельные нагрузки на штамп

Программа испытаний, как правило, должна предусматривать установление предельной прочности скального грунта (п. 8.1); такие испытания имеют смысл, если прочность грунта по результатам лабораторных испытаний низка и имеет решающее значение при расчетах, например, свай-стоек в грунтах низкой и очень низкой прочности.

В ряде случаев по соображениям целесообразности предельная нагрузка на скальные грунты может быть существенно ограничена, например при расчетах:

- фундаментов на естественном основании, когда давления на грунты относительно невелики по сравнению с реальной прочностью скального грунта (п. 8.2);
- свай-стоек, когда прочность грунта может быть существенно выше прочности ствола (п. 8.3).

8.1. Определение предельной прочности скального грунта

Достижению предельной прочности грунта должны соответствовать значительные осадки, характеризующие внезапное разрушение. За частное значение предела прочности R_i принимается нагрузка на ступени, предыдущей той ступени, при которой образуется осадка $S = 20 \dots 40$ мм. Если часть опытов не доводится до осадок $S = 20 \dots 40$ мм, учитываются все полученные значения R_i .

На рис. 2 в качестве примера приведены графики восьми ($n = 8$, номера см. цифры в кружках) испытаний малопрочного скального грунта R_i штампом площадью $A = 100 \text{ см}^2$. Ступени давления на $\Delta p = 0,5 \text{ МПа}$, выдержка $\Delta t = 3 \text{ мин}$.

Предельные давления R_i , МПа: 3,5; 3,5; 4,5; 5,0; 5,5; 5,5; 6,5; 7,5; в опытах № 2 и 4 давления не были доведены до разрушения, но в расчетах учтены как предельные.

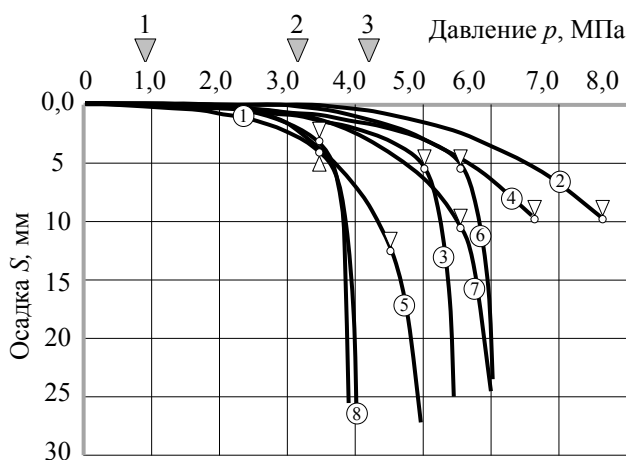


Рис. 2. Графики испытаний штампом для оценки прочности скального грунта

Среднее значение прочности $R_n = 5,19$ МПа; среднеквадратическое отклонение $S_R = 1,38$ МПа; коэффициент вариации $V = S_R/R_n = 0,27$; показатель точности $\rho_\alpha = t_\alpha V/\sqrt{n} = 0,19$ (коэффициент $t_\alpha = 1,90$ при $K = n - 1 = 7$ см. ГОСТ 20522–2012); коэффициент надежности по грунту $\gamma_g = 1/(1 - \rho_\alpha) = 1,24$; расчетная прочность $R_c = R_n/\gamma_g = 4,18$ МПа.

Проверка на исключение возможных ошибок по условию $|R_n - R_i| > v S_R$ (где критерий $v = 2,27$ при $n = 8$ согласно ГОСТ 20522–2012) показывает, что все значения принадлежат единой выборке.

Несущая способность сваи N диаметром $D = 0,8$ м (площадь сечения $A = 0,503$ м²) с учетом коэффициента заглубления в скальный грунт на $l_d = 1,0$ м $\gamma_{rd} = 1 + 0,4 l_d/D = 1,5$ и коэффициентов, которые учитываются в расчетах – условий работы $\gamma_c = \gamma_o = 1,0$, ответственности $\gamma_n = 1,15$, надежности $\gamma_k = 1,2$ и $\gamma_g = 1,24$:

$$N = R_n A \gamma_{rd} \gamma_o \gamma_c / (\gamma_g \gamma_n \gamma_k) = 5,19 \cdot 0,503 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 / (1,24 \cdot 1,15 \cdot 1,2) = 2,29 \text{ МН.}$$

Об эффективности выполнения испытаний грунтов свидетельствует следующее. В предварительных расчетах, если они ведутся без испытаний, вводятся более высокие коэффициенты надежности по грунту ($\gamma_g = 1,4$ против полученного при испытаниях $\gamma_g = 1,24$) и надежности ($\gamma_k = 1,4$ против $\gamma_k = 1,2$ в реальном испытании). В этом случае несущая способность сваи оказывается ниже на 31,7 %:

$$N = 5,19 \cdot 0,503 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 / (1,4 \cdot 1,15 \cdot 1,4) = 1,74 \text{ МН.}$$

8.2. Определение прочности скального грунта для расчетов фундаментов

В расчетах фундаментов на естественном, даже скальном основании, давление на грунт редко превышает 0,5–1,0 МПа, поэтому диапазон нагрузок на штамп следует уменьшить, поскольку нагружение до предельных нагрузок здесь нецелесообразно.

Согласно СП 22.13330.2011 [1] предельная нагрузка на основание из скальных грунтов определяется с учетом коэффициентов условий работы $\gamma_c = 1,0, 0,9$ и $0,8$ (соответственно для невыветрелых и слабовыветрелых, выветрелых и сильновыветрелых грунтов) и надежности $\gamma_n = 1,2; 1,15$ и $1,10$ (для сооружений I, II и III уровней ответственности). Поэтому максимальное давление на грунт под штампом p_{\max} должно быть принято с учетом коэффициентов γ_n и γ_c .

Например, если требуемое давление на грунт под фундаментом $R_c = 0,65$ МПа, то для расчетов фундаментов при $\gamma_n = 1,15$ и $\gamma_c = 0,8$ максимальное давление от штампа на грунт должно быть $p_{\max} = R_c \gamma_n / \gamma_c = 0,65 \cdot 1,15 / 0,8 = 0,93$ МПа (см. стрелку «1» на рис. 2).

8.3. Определение прочности скального грунта для расчетов свай-стоек

Если испытания ведутся для оценки несущей способности свай-стоек по СП 24.13330.2011 [2], давление на штамп следует принять равным среднему давлению на грунт под концом сваи с учетом коэффициентов, которые учитываются в расчетах.

Для примера приводится ранее рассмотренная свая-стойка диаметром $D = 0,80$ м. Нагрузка на сваю $N = 2,29$ МН; среднее напряжение в стволе $\sigma = N/A = 2,29/0,503 = 4,55$ МПа; среднее давление на грунт под концом сваи $p = \sigma/\gamma_{rd} = 3,03$ МПа.

Чтобы проверить достаточность принятой в расчетах прочности ($R_c = 4.18$ МПа), к давлению p нужно ввести коэффициенты $\gamma_c = 1,0$, $\gamma_o = 1,0$, $\gamma_n = 1,15$, $\gamma_k = 1,2$:

$$R_c = p (\gamma_n \gamma_k) / (\gamma_o \gamma_c) = 3,03 (1,15 \cdot 1,2) / (1,0 \cdot 1,0) = 4,18 \text{ МПа}$$

(см. стрелку «2» на рис. 2).

Следовательно, полученная при испытаниях прочность подтверждается.

Для сваи, рассчитанной без испытаний ($N = 1,74$ МН), среднее напряжение в стволе и давление под концом соответственно меньше – $\sigma = 3,45$ и $p = 2,30$ МПа. Поэтому и требуемая при испытаниях прочность меньше также на 31,7 %:

$$R_c = 2,30 (1,15 \cdot 1,2) / (1,0 \cdot 1,0) = 3,17 \text{ МПа}$$

(см. стрелку «3» на рис. 2).

Таким образом, приведенные примеры демонстрируют эффективность испытаний скальных грунтов до выполнения расчетов несущей способности свай-стоек: если расчеты ведутся без испытаний, несущая способность сваи будет существенно меньше (в примерах – до 30 % и более).

В большинстве случаев не возникает необходимости проведения испытаний грунтов до разрушения: диапазон передаваемого на штам-

пы давления должен приниматься в зависимости от фактических давлений под фундаментами или под концами свай.

Если разрушение грунта достигается при меньшем давлении, чем установлено расчетом, несущую способность сваи следует признать недостаточной; в этом случае требуется вернуться к оценке несущей способности сваи с учетом фактически полученной прочности грунта и уточнению первоначального проекта свайного фундамента.

Заключение

В статье обоснована необходимость разработки специального норматива, регламентирующего испытания скальных грунтов в полевых условиях, поскольку существующие нормативы не регламентируют испытания именно скальных грунтов.

Норматив предназначен для достоверной оценки прочности скальных грунтов на предварительной стадии расчетов несущей способности свай и обычных фундаментов на скальных грунтах.

Сформулированные предложения относительно назначения оптимальных размеров штампов, режимов нагружения, выдержки нагрузок во времени, установления предельных нагрузок на штампы и др. подлежат дальнейшей проверке и уточнению в ходе реальных испытаний скальных грунтов.

Наибольший интерес представляют планируемые авторами исследования скальных грунтов, в программе которых предусматриваются:

- дополнительная оценка влияния трещиноватости на прочность скальных грунтов, поскольку, по мнению авторов статьи [1], введенные в норматив СП 24.13330.2011 положения по влиянию трещиноватости противоречивы, требуют проверки и уточнения;
- испытания скальных грунтов по предлагаемой методике параллельно с испытаниями самих свай-стоек статическими нагрузками;
- проверка перечисленных выше и других способов оценки трещиноватости, поскольку практикуемую сегодня визуальную ее оценку нельзя признать объективной.

В задачи дальнейших исследований входит разработка предложений к нормативному документу для испытаний буронабивных и забивных свай в скальных грунтах, поскольку, как отмечалось, действующие нормативы на такие испытания также не распространяются.

Библиографический список

1 Лушников В.В., Солдатов Б.А., Маргулян В.Е. Об оценке трещиноватости скальных грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2014. – № 5. – С. 25–28.

2 Руководство по методам полевых испытаний несущей способности свай и грунтов. – М.: Изд-во Минтрансстроя СССР, 1979. – 27 с.

3 Deere D.U., Deere D.W. The rock quality designation (RQD) index in practice // In Rock classification systems for engineering purposes (ed. L. Kirkaldie), ASTM Special Publication 984. – Philadelphia: Am. Soc. Test. Mat., 1988. – P. 91–101.

4 Введение в механику скальных пород: пер. с англ. / под ред. Х. Бока. – М.: Мир, 1983. – 276 с.

5 Мочалов А.М., Кагермазова С.В., Гребенщикова Г.А. Учет влияния трещиноватости скальных и полускальных пород на прочность массива при оценке устойчивости бортов карьеров по данным разведки // Записки Горного института. – 2011. – Т. 190. – С. 304–309.

References

1. Lushnikov V.V., Soldatov B.A., Margulian V.E. Ob otsenke treshchinovatosti skal'nykh gruntov [About the estimation of fracture rocky soils]. *Osnovaniia, fundamenty i mekhanika gruntov*, 2014, no. 5, pp. 25-28.

2. Rukovodstvo po metodam polevykh ispytaniy nesushchei sposobnosti svai i gruntov [Guidance on the methods of the field tests of bearing strength of piles and soils]. Moscow: Mintransstroï USSR, 1979. 27 p.

3. Deere D.U., Deere D.W. The rock quality designation (RQD) index in practice. *Rock classification systems for engineering purposes*. Ed. L. Kirkaldie. ASTM Special Publication 984. Philadelphia, Am. Soc. Test. Mat., 1988, pp. 91-101.

4. Vvedenie v mekhaniku skal'nykh porod [Introduction to the mechanics of rock]. Ed. Kh. Bok. Moscow: Mir, 1983. 276 p.

5. Mochalov A.M., Kagermazova S.V., Grebenshchikova G.A. Uchet vliianiia treshchinovatosti skal'nykh i poluskal'nykh porod na prochnost' massiva pri otsenke ustoichivosti bortov kar'erov po dannym razvedki [Account of influence of fracturing of stony and semistony rocks on the strength of rock mass in evaluation of stability of open-pit slopes by prospecting data]. *Zapiski Gornogo instituta*, 2011, vol. 190, pp. 304-309.

Получено 19.08.2015

Об авторах

Лушников Владимир Вениаминович (Екатеринбург Россия) – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник института «УралНИИпроект РААСН» (620075, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 50А, e-mail: gsexpert@list.ru).

Солдатов Борис Андреевич (Екатеринбург, Россия) – кандидат технических наук, доцент, директор ООО «Свайные технологии» (620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4Б, e-mail: boris.soldatov2015@yandex.ru).

Пивоваров Леонид Александрович (Екатеринбург, Россия) – директор ООО «Строительно-монтажное управление № 30» (620002, г. Екатеринбург, ул. Малышева, 126, e-mail: lapivarov@yandex.ru).

About the authors

Vladimir V. Lushnikov (Ekaterinburg, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Main Research Worker, Institute of "UralNIIProekt RAASN" (50A, Lenin av., Ekaterinburg, 620075, Russian Federation, e-mail: gsexpert@list.ru).

Boris A. Soldatov (Ekaterinburg, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Director, LTD "Pile Technologies" (4Б, Krasnoarmeiskaya st., Ekaterinburg, 620075, Russian Federation, e-mail: boris.soldatov2015@yandex.ru).

Leonid A. Pivovarov (Ekaterinburg, Russian Federation) – Director, LTD "An Assembling Management Building № 30" (126, Malyshev st., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation, e-mail: lapivarov@yandex.ru).