

ОПЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТОВ

OPERATIONAL METHODS OF CONTROL THE BEARING CAPACITY OF FOUNDATIONS

В. А. КОВАЛЁВ, канд. техн. наук
А. Б. ПАТРИКЕЕВ

Описываются усовершенствованные и новые методы оперативного контроля несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах, из забивных блоков и забивных железобетонных свай, направленные на снижение сроков, трудоемкости и стоимости испытаний фундаментов в полевых (натурных) условиях в процессе их устройства.

The article describes improved and new methods of operative control of load-bearing capacity of foundations in tamped pits, out of driving blocks and driven concrete piles, aimed at reducing the time, labor and cost of testing foundations in field (natural) conditions during their installation.

Ключевые слова:

Забивные железобетонные сваи в просадочном грунте; несущая способность фундаментов в уплотненном грунте и из забивных свай; фундаменты в вытрамбованных котлованах, из забивных блоков; оперативные методы (экспресс-методы) контроля

Key words:

Bearing capacity of foundations in tamped pits and from the driven piles; driven reinforced concrete piles in collapsible soils; foundations in rammed trenches and from driven blocks; operation methods (express-methods) of the dynamic control

Особенности устройства и применяемое оборудование для выполнения фундаментов в вытрамбованных котлованах, из забивных блоков, а также забивных железобетонных свай явились основой для разработки предложений по оперативному контролю несущей способности рассматриваемых конструкций фундаментов в процессе их изготовления. Эти методы и предложения базируются на непосредственных динамических испытаниях [1] либо на учете результатов вытрамбовывания котлованов, забивки блоков [2], их отдельных этапов, например, понижения дна котлованов, т.е. «отказе» на завершающем этапе выполнения работ [3-5], а для забивных свай – на учете результатов поэтапного их погружения только вдавливающей статической нагрузкой [6].

Динамические испытания фундаментов в вытрамбованных котлованах путем их добивки рекомендуется [1] выполнять с учетом требований ГОСТ [7], СП [8], а также опыта испытаний забивных свай.

Существенным недостатком динамических испытаний, так же как и статических, является весьма значительный перерыв во времени между сроками изготовления и началом испытаний фундаментов или набивных свай, необходимый для набора прочности бетоном.

Для оперативной оценки возможной несущей способности по результатам вытрамбовывания котлованов используются, в основном, две методики. По первой из них [3-5] учитывается число ударов трамбовки заданных веса и высоты сбрасывания для вытрамбовывания котлованов, а по второй – суммарная затраченная энергия [9, 10].

По этим методикам требуется тщательный подсчет числа ударов трамбовки, соблюдение высоты ее сбрасывания, из-за чего они часто оказываются неприемлемыми.

При вытрамбовывании котлованов, погружении блоков основными показателями оценки несущей способности является их «отказ» и энергия удара трамбовки. Эти показатели используются в работах [4, 5], по которым вполне достоверные результаты могут быть получены для фундаментов в вытрамбованных котлованах и из забивных блоков без уширения или только по уширенным основаниям.

На основании анализа предложений по работам [1, 3-5] выполненных НИИОСП исследований оперативный контроль несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах в процессе их выполнения рекомендуется выполнять по формулам:

а) без уширенного основания

$$Fu = \gamma_{ck} GH / s_a; \quad (1)$$

б) с уширенным основанием

$$Fuc = \gamma_{ck} GH / s_{ac} + \gamma_{ck} GH_f / s_{af}, \quad (2)$$

где γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый при устройстве фундаментов в вытрамбованных котлованах без уширений равным 1, а с уширенным основанием – 0,95;

k – коэффициент, учитывающий переход от динамического сопротивления грунта погружению трамбовки в грунт к осадке фундамента при воздействии на него статической нагрузки и принимаемый равным соотношению несущей способности фундаментов F_u , полученной по данным испытаний опытных фундаментов по ГОСТ [7], и расчетом по формуле (1) при $k=1$;

G – вес трамбовки, кН;

H – высота, м, сбрасывания трамбовки при первоначальном вытрамбовывании котлована;

H_f – высота сбрасывания трамбовки, м, равная $(0,25 - 0,5)H$;

s_a , s_{ac} , s_{af} – соответственно погружение трамбовки: в грунт при отсутствии уширенного основания, в жесткий грунтовый материал и в грунт по боковой поверхности фундамента в случаях создания уширенного основания при последних сбрасываниях трамбовки, принимаемые за «отказ».

Формулой (1) следует пользоваться при вытрамбовывании котлованов под фундаменты без уширенного основания, а также с уширенным основанием в случаях, когда на последнем этапе вытрамбовывания жесткого грунтового материала обеспечивается плотный контакт боковых поверхностей трамбовки по всей глубине котлована и скважины. Обычно это достигается при погружении трамбовки в жесткий грунтовый материал на заключительном этапе его вытрамбовывания на глубину не менее чем на 0,05 - 0,1 от глубины ранее вытрамбованного котлована или на 0,15 - 0,2 м.

В тех случаях, когда после выполнения уширенного основания глубина котлована оказывается меньше ранее полученной, вследствие чего на заключительном этапе вытрамбовывания жесткого материала отсутствует полный контакт боковой поверхности трамбовки с грунтом, «отказ» s_{ac} оказывается возможным определять только за счет сопротивления основания по торцевой части трамбовки. Поэтому несущую способность фундаментов в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием в подобных случаях следует определять по формуле (2), в которой первый член представляет собой несущую способность фундамента по боковой поверхности, а второй – по уширенному основанию.

При вычислении несущей способности $F_{ис}$ фундаментов в вытрамбованных котлованах по формуле (2) величины «отказов» s_{af} за счет сопротивления грунтов по боковой поверхности фундаментов рекомендуется определять в процессе выполнения опытных работ для всех основных применяемых их видов, а также наиболее характерных напластований грунтов в пределах высоты фундаментов по излагаемым далее методикам.

«Отказы» s_{ac} и s_a следует определять для всех контролируемых рабочих фундаментов на завершающих этапах устройства уширенного основания либо вытрамбовывания котлованов.

Вытрамбовывание опытных котлованов под фундаменты с уширенным основанием с отдельным определением величин «отказов» за счет сопротивления грунта по боковой поверхности s_{af} и под уширенным основанием s_{ac} рекомендуется выполнять в последовательности, показанной на рис. 1.

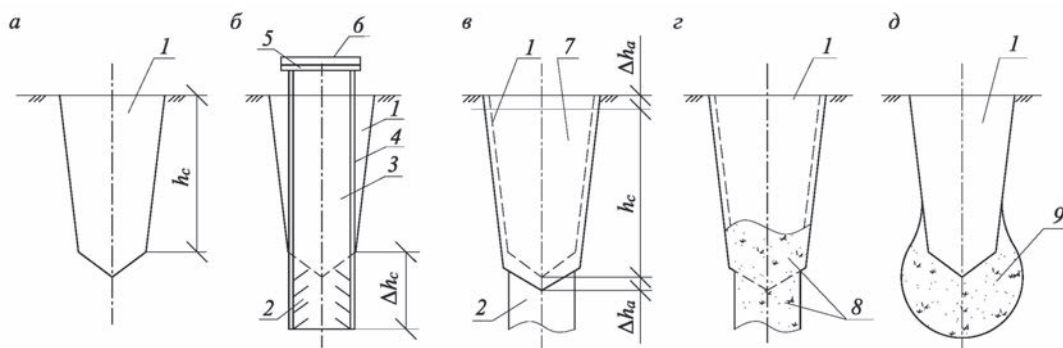


Рис. 1. Схема вытрамбовывания опытного котлована с раздельным определением величин «отказов» при сопротивлении грунтов: s_{af} – по боковой поверхности фундамента; s_{ac} – по уширенному основанию, а также на этапе а са при одновременном учете суммарного сопротивления грунтов по боковой поверхности и по торцу трамбовки

а — устройство вытрамбованного котлована; б — устройство приемки; в — продолжение вытрамбовывания котлована; г — отсыпка жесткого грунтового материала; д — создание уширенного основания; 1 – вытрамбованный котлован; 2 – приемок ниже дна котлована; 3 – грунтоотборник; 4 – короб-стакан грунтоотборника с грунтозацепами в нижней его части; 5 – верхняя опорная плита; 6 – амортизационная прокладка; 7 – трамбовка для вытрамбовывания котлована; 8 – жесткий грунтовой материал; 9 – уширенное основание

- вытрамбовывание основного котлована на заданную глубину h_c с определением величин «отказа» s_a по рис. 1, а;

- отрывка в вытрамбованном котловане ниже его дна приемка 2 на глубину $\Delta h = (0,2 - 0,3)h_c$ – глубины котлована вручную или, например, с помощью грунтоотборника 3, состоящего из короба-стакана 4 с верхней опорной плитой 5 и амортизационной прокладкой 6, имеющего в поперечном сечении форму нижнего конца трамбовки;

- продолжение вытрамбовывания котлована на глубину $\Delta h_a = (0,15 - 0,25)h_c$ той же трамбовкой путем 3-6 сбрасываний ее с высоты $H_f = (0,25 - 0,5)H$ от принятой при вытрамбовывании первоначального котлована с определением величины «отказа» s_{af} за счет сопротивления грунта по боковой поверхности;

- отсыпка в вытрамбованный котлован жесткого грунтового материала 8 отдельными порциями с последующим втрамбовыванием каждой из них в дно котлована для создания уширенного основания 9 по схеме, приведенной на рис. 2.

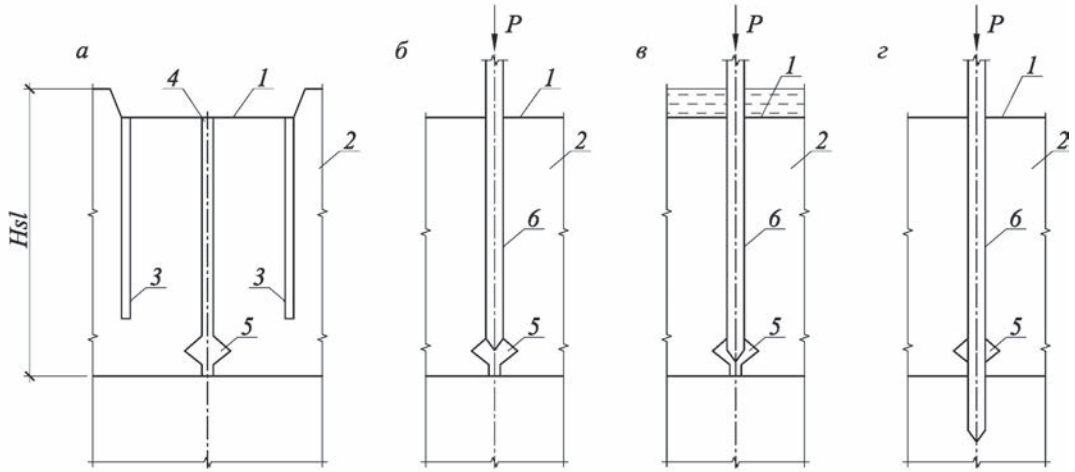


Рис. 2. График понижения дна котлована в процессе его вытрамбовывания (1) и втрамбовывания жесткого грунтового материала при создании уширения (2): $2s_a$ и $2s_{ac}$ – значения «отказов» соответственно при вытрамбовывании котлована и создании уширенного основания от каждых двух ударов трамбовки на этих этапах работ

На заключительном этапе создания уширенного основания определяется «отказ» s_{ac} , соответствующий сопротивлению грунта уширенного основания по торцу трамбовки.

На всех приведенных на рис. 1 этапах за расчетную величину «отказов» s_{af} и s_{ac} принимается среднее значение понижения дна котлована от последних двух ударов трамбовки.

Для фундаментов в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием значение коэффициента k в формуле (2) в данное время установить не представляется возможным, так как все имеющиеся архивные и опубликованные результаты по этим фундаментам были получены без учета изложенных выше требований.

Испытания забивных свай в различных грунтовых условиях, в том числе в грунтах II типа по просадочности, как это описывается далее, рекомендуется выполнять по технологической схеме, показанной на рис. 3 [6].

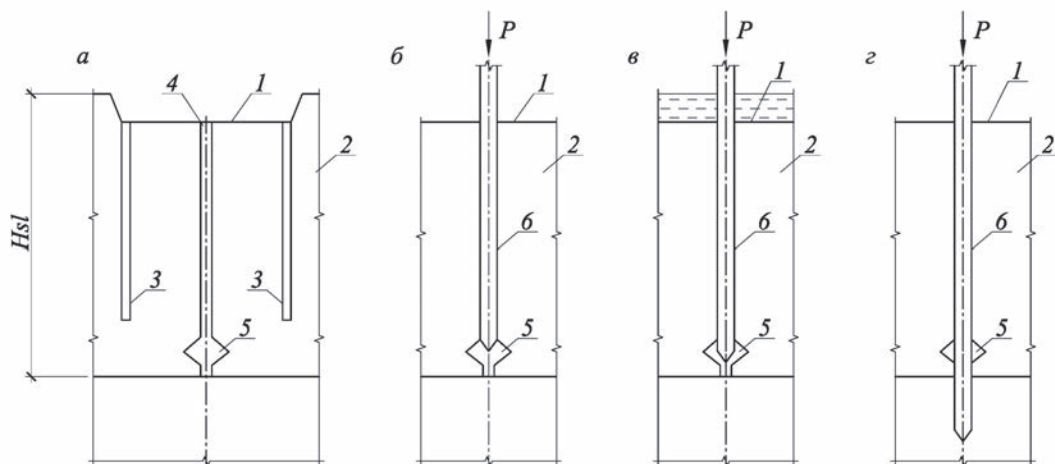


Рис. 3. Схема испытания забивной сваи в просадочном грунте: а — устройство в отрытом котловане дренажных скважин – глубоких прорезей и лидерной скважины с уширением-полостью в нижней части; б — погруженная в лидерную скважину свая после ее нагружения до срыва; в — то же при повторном нагружении сваи после замачивания просадочной толщи; г — то же после добивки сваи до проектной глубины и нагружения ее до срыва или расчетной осадки; 1 – котлован; 2 – просадочный слой; 3 – дренажные скважины; 4 – лидерная скважина; 5 – уширение; 6 – свая

В котловане 1 шириной (диаметром) $3 - 20b$, где b – ширина поперечного сечения сваи, принимаемая в зависимости от испытания сваи в кусте или одиночной сваи, устраивают на глубину $0,7 - 1H_{sl}$ – просадочного слоя 2 дренажные часто расположенные скважины (глубокую прорезь) 3 и лидерную скважину 4 на всю глубину просадочной толщи 2 и в нижней части ее выполняют уширение-полость 5, например, посредством трехножевого уширителя диаметром $1,05 - 1,5d$ – диаметра (размера по диагонали) сваи (рис. 3, а), при котором обеспечиваются под торцом сваи отсутствие опоры, а при замачивании – оплывание и обрушение грунта.

Забивают сваю 6 (рис. 3, б) на глубину до верха уширения 5 и нагружают ее отдельными ступенями с замером осадок от каждой ступени до ее срыва и строят график зависимости осадки сваи от нагрузки (кривая 1 на рис. 4). На этой кривой по точке резкого увеличения осадки сваи от нагрузки определяют величину нагрузки P_n , воспринимаемой силами трения и сцепления по боковой поверхности сваи. Эту нагрузку принимают за величину дополнительной нагрузки, возникающей за счет сил нагружающего (отрицательного) трения при просадке грунта от его собственного веса для случая замачивания его снизу, т.е. при подъеме уровня подземных вод.

Разгружают сваю 6 (рис. 3, в) и замачивают просадочный грунт 2 до полного водонасыщения путем заливки воды в котлован 1. Производят повторное нагружение отдельными ступенями сваи 6 до ее срыва, после чего производят ее разгрузку. По результатам повторного нагружения сваи строят график осадки ее от нагрузки при

полном водонасыщении грунта (кривая 2 на рис. 4). По точке резкого приращения осадки на этой кривой определяют величину дополнительной нагрузки P'_n , возникающей от сил нагружающего трения при просадке грунта от собственного веса для случая замачивания его сверху.

Добивают сваю 6 (рис. 3, з) до проектной глубины погружения (при необходимости — с наращиванием ее по длине) и производят нагружение сваи отдельными ступенями до срыва или расчетной осадки. По результатам этого нагружения сваи строят график осадки ее от нагрузки (кривая 3 на рис. 4), где по точке резкого увеличения осадки определяют несущую способность сваи F_d , кН, при отсутствии просадки грунта от собственного веса и локального замачивания его вокруг сваи.

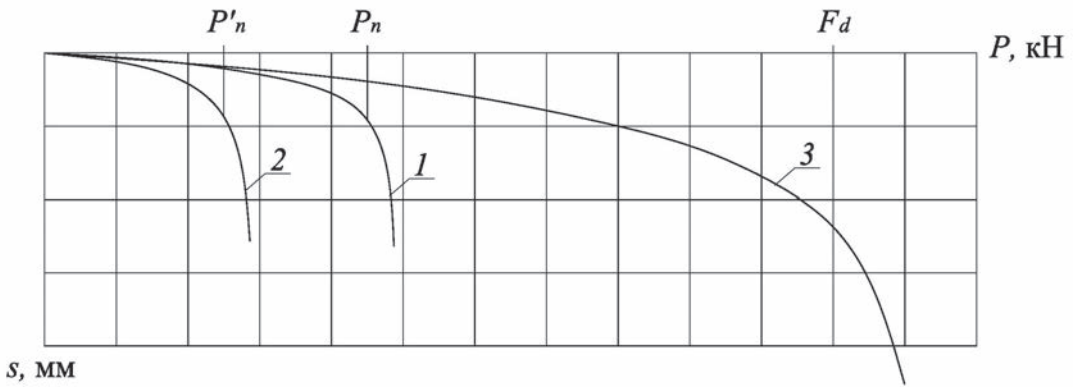


Рис. 4. Схематические графики зависимости осадки сваи s от нагрузки P ; 1, 2, 3 — соответственно кривые по определению P_n , P'_n , F_d

По результатам испытаний расчетную нагрузку N , кН, на сваю с учетом дополнительной нагрузки от сил нагружающего трения при полном водонасыщении, т.е. при замачивании сверху, принимают равной

$$N = \gamma_0 F_d / \gamma_n \gamma_k - \gamma_c 2P'_n, \quad (3)$$

а при природной влажности или для случая подъема уровня подземных вод — равной

$$N = \gamma_0 F_d / \gamma_n \gamma_k - \gamma_c (P_n + P'_n), \quad (4)$$

где γ_0 — коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов, равный $\gamma_0 = 1$ при односвайном фундаменте и $\gamma_0 = 1,15$ при кустовом расположении свай;

γ_n — коэффициент надежности по назначению (ответственности) сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,1 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности;

γ_k — коэффициент надежности, принимаемый по СП [8] в зависимости от способа определения несущей способности сваи равным: 1,2, если несущая способность сваи определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой; 1,25, если

несущая способность свай определена расчетом по результатам статического зондирования грунта или по результатам динамических испытаний свай, выполненных с учетом упругих деформаций грунта, а также по результатам полевых испытаний грунтов эталонной свайей или свайей-зондом; 1,4, если несущая способность свай определена расчетом, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта.

γ_c – коэффициент условий работы свай, значение которого принимают в зависимости от возможного значения просадки грунта от собственного веса s_{sl} : при $s_{sl} \leq 5$ см величина $\gamma_c = 0$; при $s_{sl} \geq 2s_u$ величина $\gamma_c = 0,8s_u$ – предельно допустимая величина осадки; при $5 \text{ см} < s_{sl} < 2s_u$ – по интерполяции от 0 до 0,8.

Таким образом, рассмотренная технологическая схема испытания свай в грунте II типа по просадочности позволяет выполнять испытания только вдавливающей статической нагрузкой без выдергивающей, с отдельным определением несущей способности по боковой поверхности и по торцу свай.

Следует отметить, что аналогичные испытания вполне возможно выполнять и для свайных фундаментов в обычных (непросадочных) грунтовых условиях с соответствующим изменением методики производства работ.

Анализ представленных технических решений по натурным испытаниям различных видов и конструкций фундаментов показывает, что их практическое применение позволяет существенно снизить сроки, трудоемкость и стоимость при практически той же степени надежности получаемых результатов, что и по действующим нормативным документам.

Библиографический список

1. Крутов В.И., Ковалев А.С., Дулаев А.С. Динамические испытания – добивка фундаментов в вытрамбованных котлованах. // Механизация строительства. — 1999. — №9. — С. 18-22.
2. Крутов В.И., Тропп В.Б. Фундаменты из забивных блоков. — К.: Будівельник, 1987.
3. Arbeitsanweisung. Frankipfahle Type II, GmbH Grundbau «FRANKI» AA-№AA.9.2 Index 2, 2003.
4. Бахолдин Б.В., Стуров В.И., Бессонов В.М. Метод оперативного контроля несущей способности оснований в вытрамбованных котлованах. // ОФМГ. — 1993. — №1. — С. 10-12.
5. Гончаров Б.В., Галимнурова О.В., Гареева Н.Б. О динамическом методе оценки несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах. // ОФМГ. — 2009. — №1. — С. 12-14.
6. Крутов В.И., Ковалев А.С. Авторское свидетельство СССР (SU)
7. №1719552. Способ испытания свай в просадочном грунте. // БИ №10, 1989.

8. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
9. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
10. Крутов В.И., Багдасаров Ю.А., Рабинович И.Г. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. – М.: Стройиздат, 1985.
11. Крутов В.И., Ковалев А.С., Ковалев В.А. Проектирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах. – М.: Изд. АСВ, 2013.

Авторы:

Владимир Александрович КОВАЛЁВ, канд. техн. наук, заведующий лабораторией «Естественные основания и конструкции» НИИОСП им. Н. М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Vladimir KOVALEV, Ph.D. in Engineering, Head of Department 'The natural Center of Construction', NIIOSP named after N. M. Gersyanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: vladimir@olimproekt.ru

тел.: +7 (499) 170-27-45

Антон Борисович ПАТРИКЕЕВ, инженер лаборатории «Естественные основания и конструкции» НИИОСП им. Н. М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Anton PATRIKEEV, engineer of the Department «The natural foundations and constructions», NIIOSP named after N. M. Gersyanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: patrikeev@olimproekt.ru

тел.: +7 (499) 170-27-72