

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-4>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/85TVN416.pdf>

Статья опубликована 16.09.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чесноков Г.В., Шишкин В.Я., Петрушкин И.С. Инновационная технология устройства набивных свай, изготавливаемых в грунте методом вдавливания // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/85TVN416.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62

Чесноков Георгий Владимирович

АО «НИИГрафит», Россия, Москва¹
Руководитель проекта
E-mail: 7415371@mail.ru

Шишкин Владимир Яковлевич

АО «НИИГрафит», Россия, Москва
Руководитель проекта
Почетный строитель, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук
Эксперт по ПОС, аттестованный в Минрегионразвития
E-mail: 7902244@mail.ru

Петрушкин Игорь Сергеевич²

АО «НИИГрафит», Россия, Москва
Инженер
E-mail: Igor-5p@yandex.ru

Инновационная технология устройства набивных свай, изготавливаемых в грунте методом вдавливания

Аннотация. В статье приводятся результаты сравнения различных технологий имеющих наибольшую распространенность при проектировании и строительстве свайных оснований в условиях плотной городской застройки, с новой инновационной технологией устройства набивных свай методом вдавливания. Автором подробно описаны самые распространенные технологии применяемые в настоящее время при устройстве свайных оснований, при строительстве зданий и сооружений различного назначения, определены основные минусы и плюсы применяемых технологий. По разработанным автором эскизам производится описание и ознакомление читателя с новой инновационной технологией устройства набивных свай методом вдавливания на объекте строительства, при этом автор постарался максимально подробно описать как технологию производства работ, так и необходимое оборудование и механизмы для выполнения приведенных технологий.

В статье подробно изложена технология производства работ по устройству набивных бетонных, железобетонных и/или армобетонных свай, изготавливаемых методом вдавливания на объектах строительства.

¹ 111524, Россия, Москва, ул. Электродная, 2, АО «НИИГрафит»

² <https://vk.com/id14733893>

На основе имеющегося опыта и сравнительного анализа определены коэффициенты условий работы и надежности при назначении усилия вдавливания штампа в грунт.

Так же авторами приведен пример возможного дальнейшего развития технологии устройства свай методом вдавливания с использованием штатных устройств измерения и контроля, с возможностью создания автоматического и/или полуавтоматического оборудования по устройству свайных оснований по технологии вдавливания.

Ключевые слова: погружение свай; вдавливание; набивная свая; инновация; непрерывный полый шнек; вдавливание свай; забивная свая; несущая способность сваи; железобетонная свая

Одной из самых массовых и популярных технологий устройства свайных оснований является технология забивки свай. Существует целый модельный ряд штанговых и трубчатых дизель-молотов. Однако в зависимости от грунтовых условий на некоторых площадках строительства необходимо производить лидерное бурение находящихся на глубине прослоек или линз прочного грунта, для обеспечения погружения сваи на проектную отметку. Технология забивки свай продолжает развиваться и на смену дизель молотам пришли гидро-молоты. Однако, в местах плотной городской застройки использование технологии забивки свай запрещено из-за негативного динамического воздействия на существующие здания и сооружения. [1, 2, 3]

Такие ограничения и наличие спроса на строительство в черте плотной городской застройки, послужили толчком развития двух основных, технологий при устройстве свайных оснований.

Первая технология

Погружение железобетонных свай методом вдавливания в соответствии [4]. То есть, те же самые сваи, которые использовали при забивке теперь стали погружать методом вдавливания.

Существует два типа сваевдавливающих установок (СВУ) которые различаются по конструкции и способу погружения железобетонной сваи:

- приложением нагрузки на оголовок сваи (сверху) установками с системами полиспастов (рис. 1), при этом создают максимальное усилие вдавливания до 80 тс.
- захват сваи по бокам и вдавливание, при помощи зажимной коробки циклического действия, которые могут развивать усилие вдавливания от 120 до 1000 тс. Такие установки оснащаются краном-манипулятором и монтируются на платформе шагающего типа (рис. 2).



Рисунок 1. СВУ НИИОСП



Рисунок 2. СВУ шагающего типа

[<http://www.smk1.ru/production/~pr/svu/113.htm>] [фото авторов]

Так как производительность и усилие вдавливания второго типа СВУ шагающего типа в несколько раз больше, то постепенно установки с системами полиспастов полностью уйдут с рынка (рис. 1).

Вторая технология. Буровые железобетонные сваи изготавливаемые на площадке строительства при помощи полого шнека, технология CFA или непрерывный полый шнек.

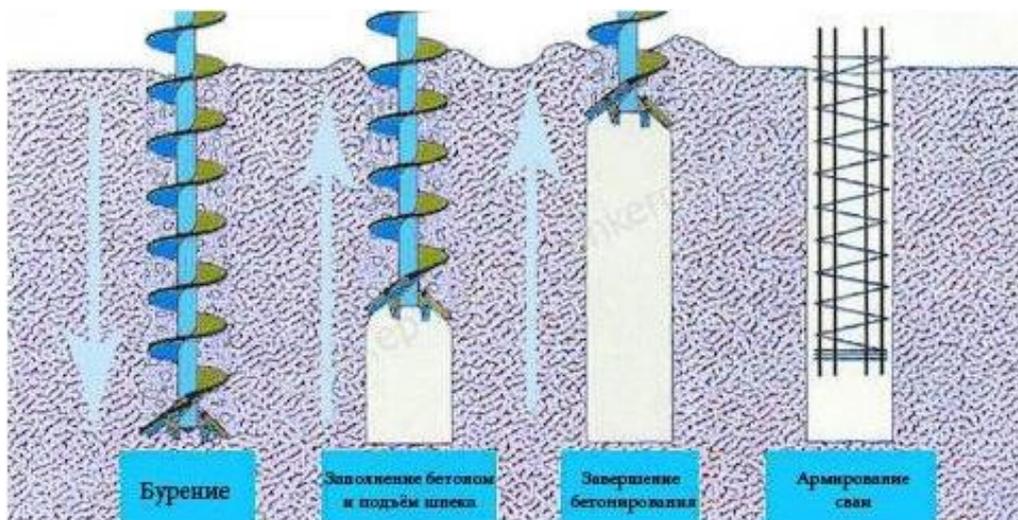


Рисунок 3. Технология «непрерывный полый шнек» (CFA) [<http://ankergeo.ru/cfa>]

На проектную глубину производят бурение полым шнеком необходимого диаметра, после чего бетононасосом прокачивают бетонную смесь через полый шнек к острию скважины. Далее с одновременным извлечением шнека производят заполнение скважины бетонной смесью. После полного заполнения скважины бетоном опускают или под собственным весом или при помощи вибратора арматурный каркас. После набора прочности бетоном свая готова.

Что касается первой технологии (вдавливание), то каких то, особых нареканий нет, если не считать большие габариты установки 9x12 м, единственный негативный момент заключается в погружении свай большой глубины (составных свай). При погружении составных свай производители работ вынуждены тратить от 30-50 минут на выполнение стыка свай через накладку и последующей антикоррозийной обработкой. Так же при анализе технологии была определена еще одна операция, которая увеличивала время цикла погружения свай. Это операция додавливания сваи ниже границы движения зажимной коробки. Так как конструкция свае вдавливающей установки (далее СВУ) устроена таким образом, что зажимная коробка не может опуститься ниже, чем на 1500 мм от поверхности земли, то конец сваи остается «торчать» из земли и не дает СВУ отъехать в сторону, так как свая находится внутри зажимной коробки. Для додавливания сваи в грунт необходимо использование стального додавливателя (стальной додавливатель принят исключительно из соображений долговечности, потому как железобетонный обычно выходит из строя после 30 или 60 использований), которым сваю додавливают в грунт и СВУ спокойно перемещается к новому месту погружения сваи [5], [6], [7].

В результате проделанного анализа можем подвести итог:

1. При погружении составных свай наблюдается технологический простой СВУ на время устройства стыка свай и гидроизоляции стыка.
2. Присутствует операция (додавливание), влияющая на увеличение времени цикла устройства свай (многодельность).

3. Ограничение применяемых свай, размерный ряд выпускаемый на заводах изготовителях имеет следующие параметры от 300x300 до 400x400 мм.
4. Ограничение по несущей способности сваи (не более 200 тн), при этом СВУ может создавать усилие вдавливания (в зависимости от модели) до 1000 тс.

Так же и в технологии непрерывного полого шнека имеются ряд негативных моментов:

1. В процессе бурения происходит разуплотнение грунта (пониженная несущая способность сваи).
2. Возможно перебуривание грунта (в процессе бурения производится вынос на поверхность лишнего объема грунта с боковой поверхности и далее перерасход бетона при бетонировании или дополнительные осадки грунта).
3. Возможно перемешивание бетона с грунтом в процессе формирования тела сваи (влияет на качество сваи, т.е. на безопасную эксплуатацию).
4. Перерасход бетона в процессе формирования сваи (удорожание строительства).

Анализируя две выше перечисленные технологии, учитывая минусы, а так же преимущества технологий, были сформулированы основные задачи которые необходимо решить в разработке новой инновационной технологии устройства свайных оснований.

Прототипом технологии является устройство свай в выштампованных вытрамбованных скважинах [1], [3] и «опыт уплотнения грунтов щебеночными сваями» на Центральном Детском Мире на Лубянской площади в г. Москве, представленный в статье [8].

Отделом строительных проектов АО «НИИГрафит» ГК Росатом было найдено решение, объединяющее в себе ряд передовых технологий, и предложено применение комбинированной технологии для устройства свайных оснований. Технология устройства Набивных Свай Вдавливания (НСВ – технология).

НСВ - технология

Новая инновационная технология устройства набивных свай методом вдавливания.

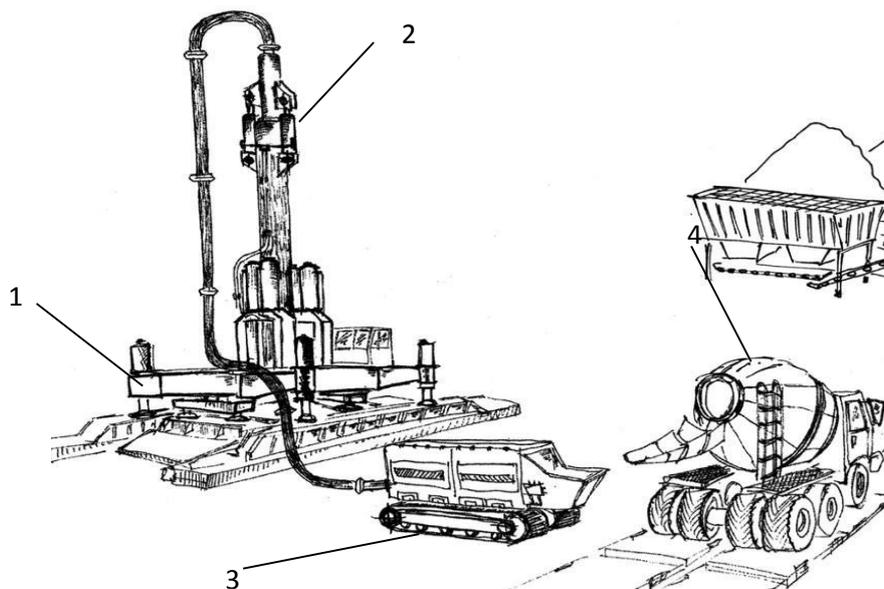


Рисунок 4. Состав оборудования для НСВ технологии: 1 - СВУ шагающего типа; 2 - штамп; 3 - бетононасос; 4 - автобетоносмеситель

В соответствии с [4] п. 6.1 указанные сваи определены как – набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного вытеснения — отжатия грунта.

Основное оборудование, машины и инструмент необходимые для выполнения работ по технологии НСВ представлено на рис. 4.

Суть технологии заключается в следующем:

При помощи мощных СВУ с усилием вдавливания от 120 тс до 1000 тс, на проектную отметку без бурения (уплотняя тем самым грунт в радиальном направлении) погружается методом вдавливания штамп (рис. 5 а; б), имеющий достаточную жесткость и прочность. Штамп снабжен подвижной бетонолитной трубой (рис. 5).

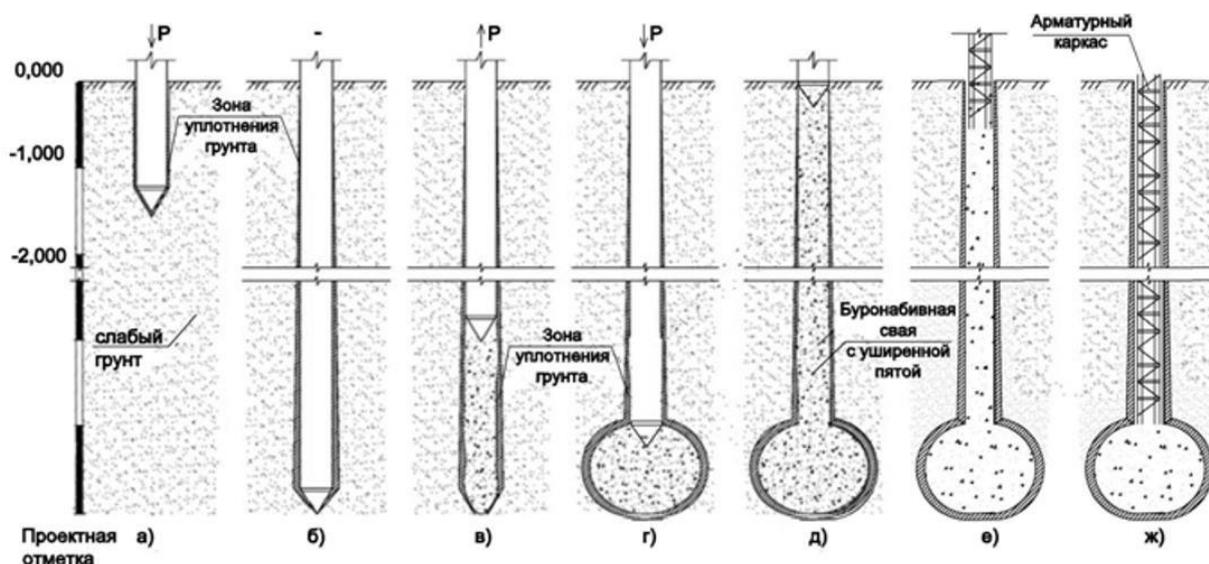


Рисунок 5. (разработан авторами)

Процесс формирования сваи по технологии НСВ:

- а) погружение штампа методом вдавливания (клапан закрыт);
- б) погружение штампа до проектной отметки (клапан открывается);
- в) извлечение штампа с одновременной подачей бетона под давлением (клапан открыт);
- г) клапан закрывается и происходит вдавливание штампа по свежеложенному бетону (обратных ход), в результате чего подвижная бетонная смесь деформируется, стремясь под действием нагрузки из формы цилиндра перейти в форму шара тем самым создается уширение у острия сваи;
- д) клапан открыт происходит подача бетона с одновременным извлечением штампа (формируется тело сваи);
- е) армирование ствола сваи, путем погружения армокаркаса в свежеложенную бетонную [9] смесь;
- ж) готовая свая, выполненная по технологии НСВ с уширением.

Примечание. При устройстве сваи по технологии НСВ без уширения отсутствуют операция г), то есть после вдавливания штампа на проектную отметку открывается клапан и при одновременном извлечении штампа происходит заполнение скважины бетонной смесью на всю высоту.

На проектной отметке клапан бетонолитной трубы, у остря штамп открывают и подают бетонную смесь при помощи бетононасоса под избыточным давлением, заполнение скважины производят с одновременным извлечением штампа (рис. 5 в).

Объем грунта равный объему набивной сваи, вытесняется в радиальном направлении и в основание сваи, при этом происходит уплотнение грунта и, обеспечивается дополнительная несущая способность сваи по грунту.

После извлечения штампа на поверхность грунта в образованную скважину, заполненную бетонной смесью, опускают арматурный каркас или стальную трубу (возможно применение композитных армирующих изделий). При этом погружение армирующего элемента может осуществляться как под собственным весом, так и при помощи вибратора (рис. 5 е).

В результате на выходе имеем готовую набивную железобетонную (армобетонную или бетонную) сваю, выполненную по технологии НСВ (рис. 5 ж).

Конструкция штампа для устройства свай по технологии НСВ.

Вся суть технологии заключается в возможности вдавить в грунт с необходимым усилием на необходимую глубину специальной конструкции штамп (рис. 6). Конструкция штампа состоит из трех труб:

- наружная – толстостенная стальная труба необходимого диаметра. Формирует геометрию тела сваи.
- средняя – необходима для создания пространственной жесткости штампа путем заполнения пространства бетонной смесью между наружной и средней трубами и обеспечивает вертикальное перемещение бетонолитной трубы внутри себя.
- бетонолитная труба, перемещается внутри средней трубы при помощи цилиндров, либо под собственным весом. В нижнем положении бетонолитной трубы клапан открыт и возможно производить подачу бетонной смеси через отверстия клапана. В верхнем положении бетонолитной трубы клапан закрыт и можно осуществлять процесс погружения штампа в грунт.

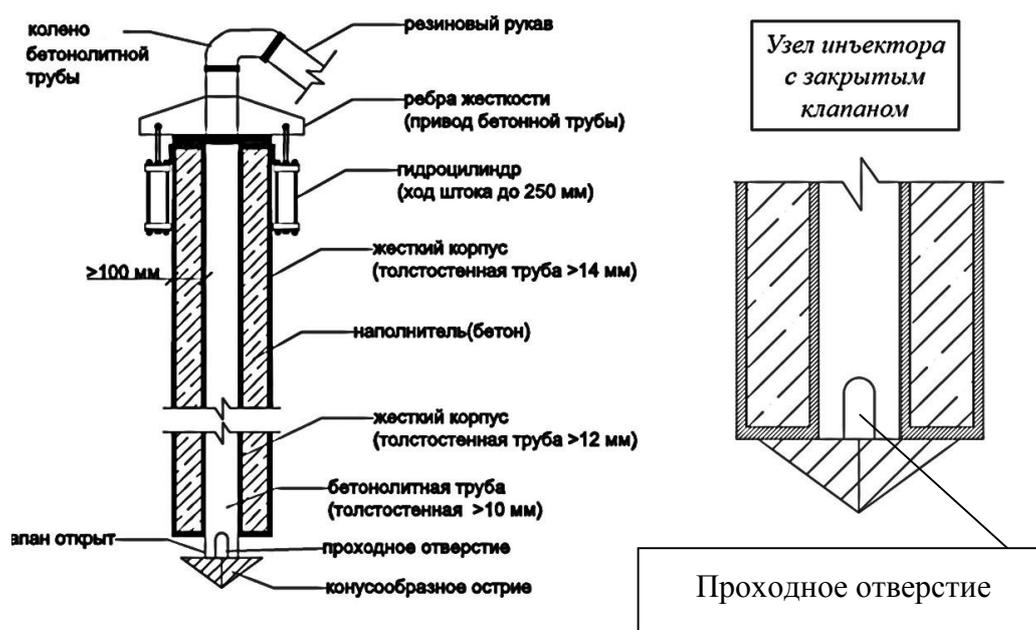


Рисунок 6. Устройство штампа (разработано авторами)

НСВ - технология дает производителям огромный спектр усовершенствований, направленный на увеличение качества выполняемых работ, повышение производительности и снижение конечной стоимости объекта строительства.

Все современные буровые установки оснащены автоматизированными системами контроля времени, глубины, давления, развиваемое в гидросистеме во время бурения. Методы автоматического контроля качества свай базируются на измерении объема и давления заправки цементного раствора или бетонной смеси. Стандартные автоматизированные системы современных насосов позволяют измерять время, глубину, объем и давление заправки цементного раствора или бетонной смеси во время подачи в скважину. В процессе выполнения работ по устройству свай на экраны мониторов выводятся указанные параметры и графики, наглядно отражающие состояние технологического процесса в режиме реального времени. Все это позволяет операторам буровой установки и насоса вносить изменения в технологию бурения и подачи раствора или бетона. Кроме того, указанные параметры и графики остаются в памяти программного обеспечения бурового комплекса и, соответственно, на каждую сваю оформляется паспорт в электронном виде. При дополнительном оснащении устройствами беспроводной связи вся информация попадает в компьютер производителя работ и контролирующего его технического надзора.

Увеличение качества работ связано с наличием необходимых датчиков измерения различных параметров, таких как:

- усилие вдавливания на различных глубинах, а так же на отметке острия сваи (в том числе на отметке верха уширения в случае необходимости придать НСВ дополнительную несущую способность рис. 2 г);
- расход бетона в процессе формирования НСВ (при этом программа смоделирует профиль сваи в зависимости от глубины погружения и расхода бетонной смеси).

Повышение производительности решается за счет использования мощных гидравлических установок, имеющих многократный запас по усилию вдавливания и извлечения штампа, в то время как другие технологии устройства свай используют оборудования почти всегда на пределе его возможности. Так же не маловажным фактором является возможность применения автоматических и полуавтоматических операционных систем, направленных на снижение использования человеческих ресурсов, повышение производительности (самостоятельное позиционирование на местности при помощи ГЛОНАСС систем, то есть выставление в месте устройства НСВ сваи; погружение сваи до условного отказа с учетом коэффициента надежности, то есть вдавливаем штамп в грунт до необходимой отметки при которой усилие вдавливания, к примеру, будет больше расчетной нагрузки на сваю в полтора, два раза¹, в результате обеспечиваем необходимую несущую способность сваи по грунту, экономим бетон и сталь, сокращаем время на устройство самой сваи и объекта в целом.

Усилие вдавливания при погружении штампа N должно быть не менее несущей способности сваи - F_d , указанной в проекте с коэффициентом надежности - k_g , принимаемый равным в зависимости от уровня ответственности проектируемого здания или сооружения от 1,2 до 0,8:

$$N \geq k_g F_d$$

где: N - усилие вдавливания, кН;

k_g - коэффициент надежности, принимаемый равным:

- 1,2 - в отношении здания и сооружения повышенного уровня ответственности;
- 1,0 - в отношении здания и сооружения нормального уровня ответственности;
- 0,8 - в отношении здания и сооружения пониженного уровня ответственности;
- F_d - несущая способность свай, кН, указанная в проекте [10];
- m - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,6.

Примечание. Величину коэффициента m допускается уточнять по результатам статических испытаний свай (но не более 0,8).

Проделав огромную работу, наша организация готова предложить новую высокотехнологичную инновационную технологию способную обеспечить высокую эксплуатационную надежность, получить убедительную экономическую эффективность, заключающуюся в сокращении стоимости и сроков выполнения работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абелев Ю.М., Абелев М.Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах 3-е изд.. М., 1979.
2. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / ВНИИНТПИ. М., 2000.
3. Абелев Ю.М., Крутов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. М.: Госстройиздат, 1962.
4. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. М., 2011.
5. Методические рекомендации по технологии погружения свай вдавливанием НИИСП ГОССТРОЯ УССР. Киев, 1988.
6. ГОСТ 19804-91 Сваи железобетонные. Технические условия. М, 1991.
7. Технические рекомендации по устройству фундаментов способом статического вдавливания свай для жилых и общественных зданий ГУП «НИИМосстрой». М., 2003.
8. Шишкин В.Я. Уплотнение грунтов основания щебёночными сваями / В.Я. Шишкин, А.А. Аникьев // Жилищное строительство, М., 2012.
9. Гвоздева А.А. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. М, 2007.
10. СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты. М., 2013.

Chesnokov Georgiy Vladimirovich

Stock company «Research institute of graphite-based structural materials «NIIGraphit», Russia, Moscow
E-mail: 7415371@mail.ru

Shishkin Vladimir Yakovlevich

Stock company «Research institute of graphite-based structural materials «NIIGraphit», Russia, Moscow
E-mail: 7902244@mail.ru

Petrushkin Igor Sergeevich

Stock company «Research institute of graphite-based structural materials «NIIGraphit», Russia, Moscow
E-mail: Igor-5p@yandex.ru

Innovative technology of cast-in-place piles produced in the ground by indentation method

Abstract. The article presents the results of comparison of different technologies that are mainly common in designing and construction of pile foundations in restrained urban conditions with a new innovative technology of installation of composite piles by jacking method. The author describes the most common technologies currently used for installation of pile substructures, for civil engineering of different application in detail. The main advantages and disadvantages are defined. Rough plans designed by the author give insight into a new innovative technology of composite pile installation by pile pressing on the construction project, here with author tried to describe both technology of work execution and mechanisms for accomplishment of technologies in detail. This paper presents the standard operating procedure of installation of cast-in-place cement, concrete and/or fibercrete piles that are made by pile pressing on the construction projects.

In terms of experience and comparative analysis the coefficients of working conditions and safety under appropriation of pressing-in forcing into the ground are defined.

Also the author provides the example of possible further development of the technology by pile pressing with the aid of operational measuring and control devices with an opportunity of creation of automatic and/or semiautomatic equipment for installation of pressing-in forcing into the ground.

Keywords: pile installation; pressing; cast-in-place displacement pile; innovation; continuous flight auger; pile pressing; driven pile; pile cantilevering; concrete pile

REFERENCES

1. Abelev Yu.M., Abelev M.Yu. Osnovy proektirovaniya i stroitel'stva na prosadochnykh makroporistykh gruntakh 3-e izd.. M., 1979.
2. Konovalov P.A. Osnovaniya i fundamenty rekonstruiруemykh zdaniy / VNIINTPI. M., 2000.
3. Abelev Yu.M., Krutov V.I. Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy na nasypnykh gruntakh. M.: Gosstroyizdat, 1962.
4. SP 24.13330.2011 Svaynye fundamenty. M., 2011.
5. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologii pogruzheniya svay vdavlivaniem NIISP GOSSTROYa USSR. Kiev, 1988.
6. GOST 19804-91 Svai zhelezobetonnye. Tekhnicheskie usloviya. M, 1991.
7. Tekhnicheskie rekomendatsii po ustroystvu fundamentov sposobom staticheskogo vdavlivaniya svay dlya zhilykh i obshchestvennykh zdaniy GUP «NIIMosstroy». M., 2003.
8. Shishkin V.Ya. Uplotnenie gruntov osnovaniya shchebenochnymi svayami / V.Ya. Shishkin, A.A. Anik'ev // Zhilishchnoe stroitel'stvo, M., 2012.
9. Gvozdeva A.A. Armirovanie elementov monolitnykh zhelezobetonnykh zdaniy. M, 2007.
10. SP 45.13330.2012 Zemlyanye sooruzheniya, osnovaniya i fundamenty. M., 2013.