

ИЗ ОПЫТА ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

УДК 624.154+624.131

В.Л. Кубецкий, В.Я. Еремин*

ГУП «НИИМосстрой», *ПСР РИТА

ПРИМЕНЕНИЕ СВАЙ-РИТ В ФУНДАМЕНТАХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Представлен анализ многолетнего опыта применения свай, изготовленных с использованием электрических разрядов, в качестве фундаментов высотных зданий. Приведены результаты определения несущей способности свай-РИТ, в т.ч. по результатам статических испытаний в натурных условиях на примере конкретных объектов. До 2012 г. построено 9 зданий высотой 78...140 м, в основании которых «работают» свай-РИТ.

Ключевые слова: свая-РИТ, фундаменты, высотные здания, буронабивные сваи большого диаметра, геомассив.

Первые свай-РИТ были изготовлены более 30 лет назад [1]. Массовое применение началось в 1990-х гг. [2]. Во время освоения технологии свай-РИТ применяли под нагрузки до 25 т на сваю, в основном для усиления фундаментов реконструируемых зданий. Затем свай-РИТ стали применять в новом строительстве, в начале под нагрузки 70 т на сваю, в 2000 г. перешагнули рубеж 100 т, а еще через 2 года успешно испытывали висячие свай-РИТ диаметром 300 мм нагрузками за 300 тс. При таких нагрузках несущая способность свай-РИТ по грунту приблизилась к пределу несущей способности по материалу ствола сваи.

При устройстве свай-РИТ осуществляют электрические разряды импульсов тока (РИТ) напряжением до 10 кВ в скважине, заполненной бетонной смесью. В результате серии электровзрывов ствол сваи-РИТ приобретает уширения в зонах разрядно-импульсной обработки за счет уплотнения грунта. По всей длине ствола такая свая имеет надежное сцепление с грунтом, поэтому свай-РИТ работают не только на вдавливающие, но и на выдергивающие нагрузки. Свойства грунта основания при этом улучшаются за счет его уплотнения.

В большинстве практических случаев при строительстве высотных зданий предусматриваются подземные многоуровневые автостоянки, что требует устройства глубоких котлованов. Неравномерное разуплотнение оснований при раскрытии глубоких котлованов может стать причиной развития неравномерных осадок и кренов высотных зданий, привести к образованию трещин в фундаментной плите, нарушению гидроизоляции подземной части. Использование свай-РИТ позволяет снизить риск значительного разуплотнения основания. Для решения данной задачи, до разработки грунта в котловане на полную глубину, с уровня промежуточного котлована выполняется свайное поле. До окончания разработки грунта в котловане и возведения подземной части здания сваи будут работать как анкеры, препятствуя подъему дна котлована и разуплотнению грунта. Данное мероприятие позволит обеспечить более полное вовлечение фундаментной плиты в работу свайно-плитного фундамента.

При использовании свай-РИТ в основании высотных зданий создается геомассив, включающий фундаментную плиту, грунтовое основание с улучшенными строительными свойствами за счет его уплотнения, армированное вертикальными железобетонными элементами — сваями-РИТ, работает такой геомассив как единый блок.

На основе анализа и обобщения накопленного опыта были разработаны ТР 50-180—06. «Технические рекомендации по проектированию и устройству свай-РИТ для зданий повышенной этажности» (утверждены Правительством Москвы 6 мая

2006 г.) [3], которые включены в перечень нормативных документов, регламентирующих строительство на территории Российской Федерации.

В геотехнике накоплен большой опыт устройства фундаментов из буронабивных свай большого диаметра (1 м и более) для строительства высотных зданий [4]. Как альтернативу можно рассматривать строительство за последние 10 лет в России ряда зданий повышенной этажности на сваях-РИТ буровым диаметром 320 мм. В качестве примера можно привести следующие объекты в Москве: 25-этажные жилые дома на улице Удальцова, д. 25—27; 36-этажный жилой дом на проспекте Вернадского, д. 37; 25- и 27-этажные жилые корпуса на Давыдовской улице, д. 19А, 33-этажное офисное здание на Семеновской улице, д. 21; 42-этажный жилой дом на проспекте Маршала Жукова, д. 45; 32-этажный дом на улице Генерала Глаголева, д. 19 и 40-этажный жилой дом на Рублевском шоссе, д. 107.

Первое высотное (36-этажное) здание на сваях-РИТ в Москве построено в 2003 г. (рис. 1).



Рис. 1. Жилой комплекс (проспект Вернадского, 37), фото со стороны пруда

Территория для строительства жилого комплекса ограничена:

с севера — зданием, расположенным в одном метре от фундаментной плиты;

с востока — прудом, отделенным дамбой, в теле которой проложена районная теплосеть, зеркало воды в пруде на 2 м выше дна котлована;

с юга — коллектором (две трубы $\varnothing 1,7$ м) и магистральной теплосетью;

с запада — упомянутым коллектором, проложенным ниже отметки фундаментной плиты возводимого здания на 3,6...6 м, а дальше проспектом Вернадского.

Верхняя часть разреза представлена водонасыщенными насыпными не слежавшимися грунтами: суглинками и глинами с остатками строительного мусора. Их толщина, оставляемая под фундаментной плитой, составляет 3...6 м. Ниже по разрезу залегают:

современные озерно-аллювиальные суглинки текучепластичной и тугопластичной консистенции, слоем от 0 до 4 м;

верхнечетвертичные покровные суглинки слоем до 1,6 м;

надморенные флювиогляциальные отложения слоем от 0 до 1,4 м, представленные песками, супесями, суглинками и глинами;

моренные отложения днепровского оледенения мощностью 8...12 м, представленные суглинками от мягкопластичной до полутвердой консистенции, глинами полутвердой консистенции;

флювиогляциальные среднечетвертичные отложения, образующие фациально-неоднородную толщу, местами достигающую 3,8 м, сложенную суглинками, супесями, песчаными разностями до галечниковых водонасыщенных грунтов.

На глубине 17...19 м от дна котлована залегают нижнемеловые породы мощностью 7...12 м, представлены мелкими и пылеватыми песками с линзами глин, суглинков и супесей (0,4...0,8 м).

Под нижнемеловыми породами залегают верхнеюрские отложения, представленные водонасыщенными плотными пылеватыми и мелкими песками, вскрытая мощность 32...34 м.

В основании здания, на 4...5 м ниже фундаментной плиты, находился коллектор, для перелива воды из пруда во время паводков, который нужно было сохранить до прокладки байпаса.

Из-за наличия под плитой не слежавшихся насыпных грунтов вся нагрузка от зданий должна восприниматься сваями. Первоначальным проектом были предусмотрены буронабивные сваи диаметром 1000 мм, длиной 24 и 22 м. До устройства фундаментов следовало вынести упомянутый выше переливной коллектор, что отодвигало начало основных работ на год. Устройство такого свайного основания лишило экономической целесообразности освоение площадки, расположенной у станции метро.

В связи с этим был разработан проект с использованием свай-РИТ расчетной несущей способностью по грунту 150 тс. Для высотного корпуса с вертикальной нагрузкой 128 000 тс было запроектировано 899 свай-РИТ длиной 21 м диаметром 320 мм (по бурению), объединенных плитой площадью 1570 м². Армирование свай предусмотрено каркасами из двух секций, стыкуемых внахлест: верхние секции 6Ø28 А500С, нижние 6Ø25 А500С.

Восемь свай-РИТ были испытаны статической вдавливающей нагрузкой. Учитывая то, что сваи-РИТ впервые применяли в основании здания высотой 36 этажей, специалисты НИИОСП им. Н.М. Герсеевского предложили провести контрольные испытания грунтов сваями нагрузкой 216 тс (расчетная нагрузка не достигала 144 тс на сваю). При нагрузке 216 тс осадка всех свай стабилизировалась в пределах 13,52...18,46 мм, остаточные деформации после разгрузки составили 1,77...5,90 мм.

В течение двух лет после окончания строительства специалисты НИИОСП им. Н.М. Герсеевского осуществляли мониторинг за деформациями. По результатам мониторинга осадки здания стабилизировались, не достигнув 40 мм, а крены не превысили 0,0006, что значительно меньше предельных значений для таких зданий.



Рис. 2. Жилой комплекс на ул. Давыдовская 19А, вид после окончания строительства

свай проводили научные сотрудники сектора 26 НИИОСП им. Н.М. Герсеевского под руководством доктора технических наук, профессора А.А. Григорян. По результатам испытаний допускаемая нагрузка на сваю под зданиями А и Б составила 144 тс и 150 тс соответственно. Осадки здания стабилизировались в 2006 г, составив 38 мм.

В 2004 г. были построены два здания по адресу: ул. Давыдовская, д. 19А высотой здания А = 78 м и Б = 82 м. (рис. 2) с вертикальной нагрузкой более 160 000 тс на сваях-РИТ в количестве 1371 диаметром 320 мм длиной 19...20 м.

Грунтовые условия характеризовались значительной сложностью; так под одним из зданий от подошвы фундаментной плиты до глубины 17...18 м преобладали водонасыщенные пылеватые пески и текущие супеси с плавунными свойствами.

Учитывая высокий уровень подземных вод, под фундаментной плитой был выполнен пластовый дренаж из щебня слоем 250 мм, поэтому при устройстве свай их оголовки формировали выше бетонной подготовки на 300 мм (рис. 3).

Контрольным испытанием статической вдавливающей нагрузкой было подвергнуто 10 свай-РИТ. Испытания

Для 33-этажного офисного здания (Семеновский пер., д. 21; рис. 4) было выполнено 502 сваи-РИТ. На расстоянии 9 м от крайнего ряда свай находился тоннель метро, построенный в 1930-е гг. Для уменьшения влияния нагрузок от здания на обделку тоннеля было выполнено три ряда свай со стороны тоннеля длиной 26 м, остальные — по 18 м. Работы велись в стесненных условиях, так как красные линии проходили по контуру котлована.

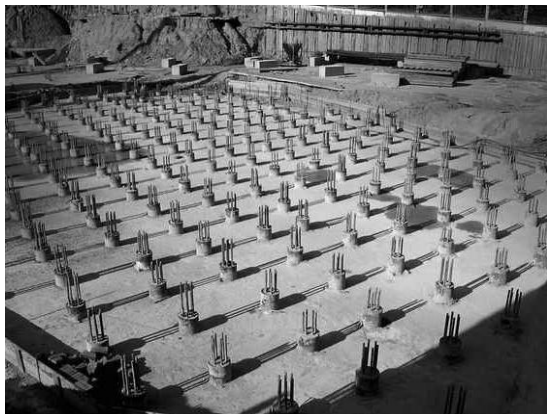


Рис. 3. Жилой комплекс на ул. Давыдовская 19А, фрагмент свайного основания



Рис. 4. 33-этажное здание (Семеновский пер., д. 21)

Осадки здания составили 80 мм при расчетных 100 мм, крены здания составили 0,0005, что значительно меньше предельного значения.

Выводы. Всего на сваях-РИТ возведено девять высотных зданий. Для них использовался мелкозернистый бетон по ГОСТ 26633—91* класса В30 по прочности на сжатие и марки W10 по водонепроницаемости. Армирование свай-РИТ на всех названных объектах выполнялось арматурными каркасами из 2-х секций по длине. Арматура продольных (рабочих) стержней использовалась класса А500С, расчетное сопротивление на сжатие 435 МПа, площадь рабочей арматуры определялась из условия восприятия всей расчетной нагрузки. Бетон обеспечивал передачу усилий на грунт и защиту арматуры от коррозии.

Анализ результатов мониторинга, а также технологии устройства свай-РИТ и их испытаний позволяет считать, что сваи-РИТ буровым диаметром 320 мм обеспечивают требуемую надежность высотных зданий в сложных инженерно-геологических условиях.

Библиографический список

1. Ясиевич Г.Н. Исследование способа изготовления буронабивных свай с помощью электрогидравлического эффекта и их работы под вертикальной нагрузкой : дисс. ... канд. техн. наук. Л. : ЛИСИ, 1977. 223 с.
2. Гаврилов Г.Н., Егоров А.Л., Коровин С.К. Электрогидроимпульсная технология в горном деле и строительстве. М. : Недра, 1991. 128 с.
3. ТР 50-180—06. Технические рекомендации по проектированию и устройству свайных фундаментов, выполняемых с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи-РИТ). М. : ООО «УИЦ «ВЕК», 2006. 68 с.
4. Катценбах Р., Шмит А., Рамм Х. Реконструкция городов и геотехническое строительство. 2005. № 9. С. 80—99.

Поступила в редакцию в апреле 2012 г.

Об авторах: **Кубецкий Валерий Леонидович** — доктор технических наук, профессор, руководитель центра мониторинга строительства зданий и сооружений, оснований и фундаментов, **Научно-исследовательский институт московского строительства (ГУП «НИИМосстрой»)**, г. Москва, 119192, Винницкая, д. 8, fundament2009@yandex.ru;

Еремин Валерий Иванович — кандидат технических наук, технический директор, **ПСР РИТА**, 121357, г. Москва, ул. Верейская, д. 8, корп. 1, mail@ritacom.ru.

Для цитирования: *Кубецкий В.Л., Еремин В.Я. Применение свай-РИТ в фундаментах высотных зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 240—245.*

V.L. Kubetskiy, V.Ya. Eremin

APPLICATION OF RIT PILES IN FOUNDATIONS OF HIGH-RISE BUILDINGS

The authors provide an overview of multiple cases of application of piles, made through the use of electric discharges, as the foundations of high-rise buildings. The values of the bearing capacity of RIT piles identified on the basis of static field tests of specific construction facilities are provided. Nine RIT pile buildings, the height of which varied from 90 to 140 meters, were built before 2012.

The total number of high-rise buildings that rest on RIT piles is equal to nine. They are made of fine concrete prepared according to State Standard 26633-91*, B30 class of compression strength, and W10 grade of water permeability. The reinforcement of RIT piles was performed through the application of the reinforcing cage composed of two sections. A500C steel was used for longitudinal (bearing) rods, the design compressive strength was equal to 435 MPa; dimensions of the bearing steel were based on the principle of perception of the whole design load. The concrete transmitted the load into the soil and protected the steel from corrosion.

On the basis of the analysis of the monitoring results, the technology and tests of PIT piles, a conclusion can be made that PIT piles, that have a diameter of 320 mm, assure the pre-set reliability of high-rise buildings in complex engineering and geological environments.

Key words: PIT anchor, foundations, high-rise buildings, big diameter bored piles, geological massif.

References

1. Yassievich G.N. *Issledovanie sposoba izgotovleniya buronabivnykh svay s pomoshch'yu elektrogidravlicheskogo effekta i ikh raboty pod vertikal'noy nagruzkoy* [Research of the Method of Manufacturing of Bored Piles through the Employment of the Electrohydraulic Effect and Their Behavior under Vertical Loads]. Leningrad, LISI [Leningrad Institute of Civil Engineering], 1977, 223 p.
2. Gavrilov G.N., Egorov A.L., Korovin S.K. *Elektrohidroimpul'snaya tekhnologiya v gornom dele i stroitel'stve* [Technology of Electric Hydraulic Impulses in Mining and Civil Engineering]. Moscow, Nedra Publ., 1991, 128 p.
3. TR 50-180—06. *Tekhnicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu svaynykh fundamentov, vypolnyaemykh s ispol'zovaniem razryadno-impul'snoy tekhnologii dlya zdaniy povyshennoy etazhnosti (svai-RIT)* [TR 50-18-06. Technical Recommendations Regarding Design Development and Construction of Pile Foundations Made through the Application of the Electric Discharge Technology to High-Rise Buildings (RIT Piles)]. Moscow, VEK Publ., 2006, 68 p.
4. Kattsenbakh R., Shmit A., Ramm Kh. *Rekonstruktsiya gorodov i geotekhnicheskoe stroi-tel'stvo* [Urban Restructuring and Geotechnical Construction]. 2005, no. 9, pp. 80—99.

About the authors: **Kubetskiy Valeriy Leonidovich** — Professor, Doctor of Technical Sciences, **Scientific Research Institute of Moscow Construction (NII Mosstroj)**, 8 Vinnitskaya St., Moscow, 119192, Russian Federation; fundament2009@yandex.ru; +7 (499) 739-30-43;

Eremin Valeriy Ivanovich — Candidate of Technical Sciences, Director of Technology, **PSP RITA**, Building 1, 8 Vereyskaya St., Moscow, 121357, Russian Federation; mail@ritacom.ru.

For citation: Kubetskiy V.L., Eremin V.Ya. *Primenenie svay-RIT v fundamentakh vysotnykh zdaniy* [Application of RIT Piles in Foundations of High-Rise Buildings] *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 4, pp. 240—245.