



CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 11, № 4, 2020

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.03

УДК 624.159.4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ, ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВАЙ

А.И. Полищук, И.В. Семенов

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 21 сентября 2020

Принята: 10 ноября 2020

Опубликована: 30 декабря 2020

Ключевые слова:

реконструкция зданий и сооружений, фундаменты мелкого заложения, сваи различных конструктивных решений, комбинированные фундаменты, усиление фундаментов.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается порядок проектирования усиления фундаментов мелкого заложения реконструируемых, восстанавливаемых зданий с использованием свай (инъекционных, буринъекционных, составных вдавливаемых, винтовых и др.). На первом этапе проектирования устанавливаются конструктивное решение существующих фундаментов, конструктивная схема здания (сооружения), а также нагрузки, передаваемые на строительные конструкции до и после реконструкции (восстановления) здания. Выполняется оценка грунтовых условий строительной площадки реконструируемого здания; выявляется несущий слой грунта для заглубления нижних концов свай. На основе полученных данных производится оценка загрузки основания фундаментов реконструируемого (восстанавливаемого) здания и устанавливается необходимость их усиления (или дальнейшая их эксплуатация без усиления). В том случае, если требуется усиление фундаментов здания, выбирают способ передачи дополнительной нагрузки на сваи. После этого обосновывается несущая способность свай и расчетные нагрузки, допускаемые на сваи. Производятся конструирование фундаментов с учетом их усиления сваями, а также проверочные расчеты основания усиливаемых фундаментов (комбинированных) по первой и второй группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям). В соответствии с нормативными документами выполняются расчеты на прочность основных конструктивных элементов фундаментов, необходимых для обеспечения их полноценной работы с учетом усиления. На заключительном этапе разрабатывается рабочая документация по усилению фундаментов реконструируемого, восстанавливаемого здания (сооружения). Представленный в работе алгоритм проектирования усиления фундаментов реконструируемых, восстанавливаемых зданий с использованием свай позволяет правильно и последовательно организовать работу специалистов.

© ПНИПУ

© Полищук Анатолий Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: ofpai@mail.ru.

Семенов Иван Владимирович – аспирант, e-mail: amigos_siv@mail.ru.

Anatolii I. Polishchuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: ofpai@mail.ru.

Ivan V. Semyonov – Postgraduate Student, e-mail: amigos_siv@mail.ru.

DESIGN OF REINFORCEMENT OF FOUNDATIONS OF RECONSTRUCTED, RESTORED BUILDINGS USING PILES

A.I. Polishchuk, I.V. Semyonov

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 21 September 2020
Accepted: 10 November 2020
Published: 30 December 2020

Keywords:

reconstruction of buildings and structures, shallow foundations, piles of various design solutions, combined foundations, reinforcement of foundations.

ABSTRACT

The procedure for designing reinforcement of shallow foundations of reconstructed, restored buildings using piles (injection, bore injection, composite pressed, screw, etc.) is considered. At the first stage of the design, the constructive solution of the existing foundations, the structural diagram of the building (structure), as well as the loads transferred to the building structures before and after the reconstruction (restoration) of the building are established. An assessment of the soil conditions of the construction site of the building being reconstructed is carried out; a bearing soil layer is identified for deepening the lower ends of the piles. Based on the data obtained, the loading of the base of the foundations of the reconstructed (restored) building is assessed and the need for their strengthening (or their further operation without reinforcement) is established. In the event that strengthening of the building foundations is required, the method of transferring the additional load to the piles is chosen. After that, the bearing capacity of the piles and the design loads allowed on the piles are substantiated. The design of foundations is carried out taking into account their reinforcement with piles, as well as verification calculations of the base of reinforced foundations (combined) for the first and second groups of limiting states (for bearing capacity and deformations). In accordance with the regulatory documents, strength calculations of the main structural elements of foundations are performed, which are necessary to ensure their full-fledged operation, taking into account reinforcement. At the final stage, working documentation is developed to strengthen the foundations of the reconstructed, restored building (structure). The presented algorithm for the design of strengthening the foundations of reconstructed, restored buildings using piles allows to correctly and consistently organize the work of specialists.

© PNRPU

Введение

В условиях реконструкции и восстановления зданий (сооружений) зачастую увеличиваются нагрузки на строительные конструкции, что приводит к повышению давления по подошве существующих фундаментов. Такие условия эксплуатации зданий могут привести к потере несущей способности основания, значительным осадкам фундаментов, развитию трещин в стенах и других строительных конструкциях. Поэтому периодически возникает необходимость усиления фундаментов и упрочнения грунтов основания реконструируемых зданий (сооружений).

Одним из способов повышения несущей способности основания фундаментов мелкого заложения является изменение их схемы работы путем передачи части нагрузки от здания на дополнительно устраиваемые сваи. В настоящее время разработано значительное количество технических решений по устройству свай при усилении фундаментов в различных грунтовых условиях [1–5, 20 и др.]. В практике усиления фундаментов мелкого заложения в глинистых грунтах все большее распространение получают инъекционные и буроинъекционные сваи (цилиндрические и конические) [6–9]. В общем случае такие сваи устраиваются вдавливанием металлического инъектора или погружением металлической полой штанги в глинистый грунт с последующей подачей под давлением мелкозернистой подвижной бетонной смеси и опрессовкой образованной при этом скважины [9–12].

В настоящей работе обобщен накопленный опыт проектирования усиления фундаментов реконструируемых, восстанавливаемых зданий с использованием свай (различного

конструктивного решения) и предложен алгоритм действий специалистов на этапах проектирования и подготовки рабочей документации. Предлагаемый алгоритм включает в себя следующие основные этапы:

1. По результатам обследования и использования архивной документации устанавливают конструктивное решение существующих фундаментов, конструктивную схему здания (сооружения), а также нагрузки, передаваемые на строительные конструкции до и после реконструкции (восстановления) здания.

2. Выполняют оценку грунтовых условий строительной площадки реконструируемого здания и выявляют несущий слой грунта для заглубления нижних концов свай, используемых для усиления фундаментов.

3. Производят оценку загрузки основания фундаментов мелкого заложения реконструируемого (восстанавливаемого) здания и устанавливают необходимость их усиления (или дальнейшей эксплуатации без усиления).

4. Выбирают способ передачи дополнительной нагрузки на сваи (инъекционные, буроинъекционные и другие) в случае усиления фундаментов здания.

5. Обосновывают несущую способность инъекционных, буроинъекционных и других свай, а также расчетные нагрузки, допускаемые на сваи.

6. Выполняют конструирование фундаментов с учетом их усиления сваями.

7. Выполняют поверочные расчеты основания усиливаемых фундаментов (комбинированных) по первой и второй группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям). Устанавливаемые при этом осадки фундаментов после их усиления и передачи дополнительной нагрузки не должны превышать допускаемых значений.

8. Выполняют расчеты на прочность основных конструктивных элементов фундаментов (подбор армирования элементов усиления, назначение сечений упорных балок, расчет фундаментов на продавливание и др.), необходимых для обеспечения их полноценной работы с учетом усиления; решение этих вопросов ведется в соответствии с нормативными документами (СП 16.13330.2017, СП 63.13330.2018 и др.).

9. Выполняют подготовку рабочей документации по усилению фундаментов реконструируемого, восстанавливаемого здания (сооружения).

Рассмотрим эти этапы подробнее.

Конструктивное решение существующих фундаментов

Конструктивное решение фундаментов реконструируемых (восстанавливаемых) зданий устанавливается, как правило, по результатам обследования строительных конструкций и грунтов основания. При этом рекомендуется использовать проектную, исполнительную и другую архивную документацию на реконструируемое здание (заключения, технические отчеты, акты обследования и др.). Обследование фундаментов выполняется чаще из шурфов, которые закладываются в наиболее характерных местах плана здания. Для обследования фундаментов, грунтов основания используют и другие методы, приборы и оборудование. При обследовании фундаментов в подготовленных шурфах определяют их геометрические параметры (глубина заложения, ширина подошвы, толщина плитной части, размеры подколонника или стеновой части фундамента и др.). Одновременно при обследовании определяют прочностные характеристики материалов фундаментов и выявляют их дефекты (наличие сколов бетона, кирпичной кладки, трещин, коррозия арматуры, на-

рушение гидроизоляции и др.). Прочность материала фундаментов устанавливается разрушающими или неразрушающими методами.

По результатам обследования фундаментов (включая грунты основания) с учетом выявленных дефектов, повреждений дается оценка их технического состояния в соответствии с рекомендациями ГОСТ 31937–2011. Подробно с методами оценки можно ознакомиться в работах [13, 14, 16 и др.].

На этапе проектирования усиления фундаментов важно определить нагрузки, передаваемые на фундаменты здания до и после его реконструкции. Нагрузки, как правило, устанавливаются в уровне отметки обреза фундамента, отметки наружной планировки или отметки пола подвала (цокольного, технического этажа). Постоянные нагрузки (вес несущих и ограждающих конструкций, вес и давление грунта и др.), передаваемые на фундаменты здания до его реконструкции, определяются по результатам обследования здания и использования архивных данных (включая обмерные работы, определение видов строительных материалов). Временные нагрузки устанавливаются в зависимости от назначения здания (с учетом веса оборудования и приборов, людей, мебели и др.) и района его строительства (нагрузки снеговые, ветровые, сейсмические и др.). Нагрузки, передаваемые на фундаменты здания после его реконструкции (восстановления), устанавливаются обычно по данным принятых конструктивных решений с учетом технического задания на проектирование.

Оценка грунтовых условий

Под оценкой грунтовых условий строительной площадки реконструируемого здания (сооружения) понимается обобщение результатов исследований свойств грунтов и состава подземной воды, выполняемых на стадии изысканий (инженерно-геологических, инженерно-геотехнических, включая архивные и др.), и выявление возможности их использования в качестве основания фундаментов. Оценка грунтовых условий площадок строительства реконструируемых зданий производится по результатам изучения материалов геоморфологии, литологического строения и инженерно-геологических разрезов, а также физико-механических свойств грунтов и гидрогеологических условий строительства, которые приводятся в отчетах (заключениях) по инженерно-геологическим изысканиям. Оценка грунтовых условий обычно начинается с анализа архивных данных о грунтах рассматриваемой площадки. От качества и полноты материалов изысканий во многом зависят надежность и экономичность принимаемых в проекте решений по основаниям и фундаментам реконструируемых зданий, сооружений [14, 15].

Одним из главных вопросов при оценке грунтовых условий строительной площадки реконструируемого здания является выбор *несущего слоя грунта* основания для инъекционных, буроинъекционных и других свай, в который предполагается заглубление их нижних концов. Как правило, этот слой должен быть наиболее прочным, менее сжимаемым по сравнению с другими инженерно-геологическими элементами (слоями грунта) в пределах длины свай и сжимаемой толщи основания свайных фундаментов.

Оценка загрузки основания фундаментов

Под оценкой загрузки основания фундаментов (мелкого заложения) понимается анализ исходных данных и результатов расчета, при которых выявляется соответствие размеров подошвы рассматриваемого фундамента действующим нагрузкам (N , M , Q)

и грунтовым условиям строительной площадки реконструируемого здания (рис. 1). При оценке загрузки основания фундаментов проверяются условия:

$$\begin{aligned} p_{\max} &\leq 1,2R_{\text{уп}}, \\ p_{\min} &\geq 0, \\ p &\leq R_{\text{уп}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где p – среднее давление по подошве фундамента (до или после реконструкции здания), кПа; $R_{\text{уп}}$ – расчетное сопротивление уплотненного грунта основания, кПа; p_{\max} , p_{\min} – соответственно максимальное и минимальное давление по подошве фундамента, кПа.

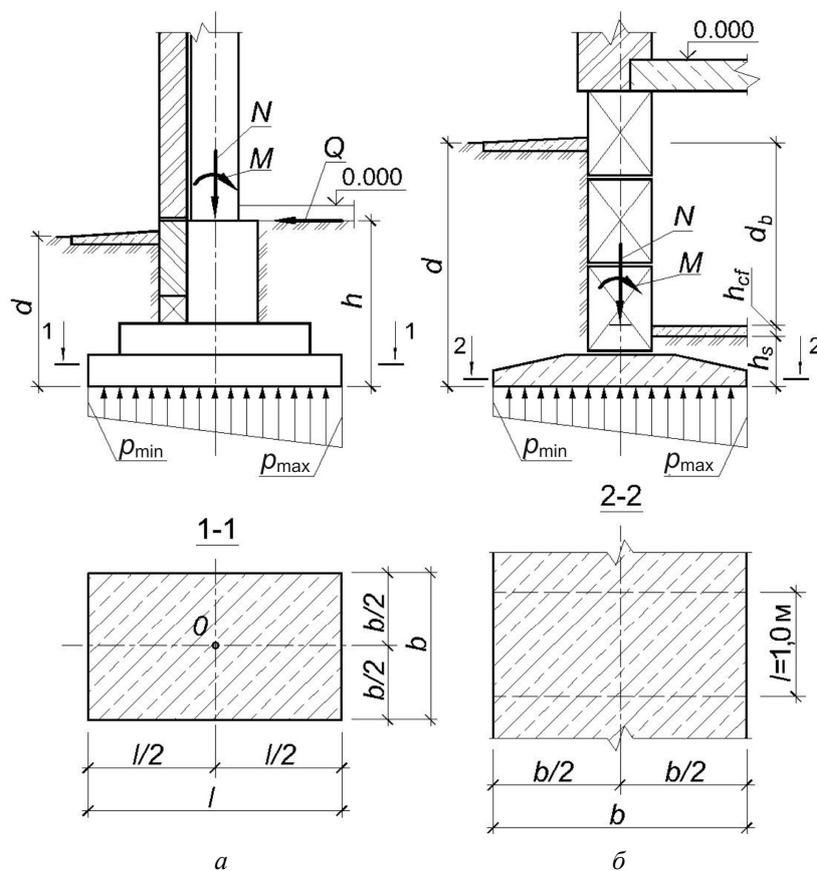


Рис. 1. Расчетные схемы проектируемых фундаментов реконструируемых зданий: *a* – отдельно стоящего фундамента для здания без подвала; *б* – ленточного фундамента для здания с подвалом; p_{\max} , p_{\min} – соответственно максимальное и минимальное давление по подошве фундамента, кПа; l , b – соответственно длина и ширина подошвы фундамента, м; d – глубина заложения фундамента, м; h – высота фундамента, м; Q , N , M – нагрузки, действующие на фундамента; h_s – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м; h_{cf} – толщина конструкции пола подвала, м; d_b – глубина подвала, м

Fig. 1. Calculation schemes of the projected foundations of reconstructed buildings: *a* – a free-standing foundation for a building without a cellar; *б* – strip foundation for a building with a cellar; p_{\max} , p_{\min} – respectively, the maximum and minimum pressure on the base of the foundation, kPa; l , b – respectively, the length and width of the base of the foundation, m; d – foundation depth, m; h – foundation height, m; Q , N , M – loads acting on the foundation; h_s – the thickness of the soil layer above the basement base from the basement side, m; h_{cf} – basement floor structure thickness, m; d_b – cellar depth, m

Параметр $R_{уп}$ – это такое давление на грунт основания по подошве фундамента, при котором учитывается эффект его обжатия нагрузкой от веса здания. Для определения $R_{уп}$ используется метод, в основу которого положена формула (5.7) СП 22.13330.2016 с имеющимися предпосылками и ограничениями. Метод учитывает вызванные уплотнением и обводнением (замачиванием) изменения свойств грунтов, залегающих в основании фундаментов длительно эксплуатируемых зданий. В общем виде расчетное сопротивление уплотненного грунта основания $R_{уп}$ определяется по формуле [16]

$$R_{уп} = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} \cdot (M_{\gamma} \cdot K_z \cdot b \cdot \gamma_{II} \cdot K_{\gamma} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II} \cdot K_c) \cdot K_s, \quad (2)$$

где K_{γ} , K_c – коэффициенты, учитывающие изменение характеристик плотности ρ и удельного сцепления c грунтов основания под фундаментом за период эксплуатации здания; M_{γ} , M_q , M_c – коэффициенты, принимаемые по СП 22.13330.2016 в зависимости от характеристики угла внутреннего трения грунта $\overline{\varphi_{II}}$ основания, уплотненного давлением p от эксплуатируемого здания:

$$\overline{\varphi_{II}} = \varphi_{II} \cdot K_{\varphi}, \quad (3)$$

где φ_{II} – угол внутреннего трения естественного (неуплотненного) грунта основания, град; K_{φ} – коэффициент, учитывающий изменение характеристики угла внутреннего трения φ_{II} за период эксплуатации здания; K_s – коэффициент, учитывающий степень реализации (использования) предельной осадки фундамента за период эксплуатации здания. Остальные обозначения те же, что и в формуле (5.7) СП 22.13330.2016.

Значения коэффициентов K_{γ} , K_{φ} , K_c установлены экспериментально для глинистых грунтов. Они выбираются в зависимости от отношения среднего давления p по подошве эксплуатируемого фундамента к расчетному сопротивлению естественного (неуплотненного) грунта основания R , которое принималось при первоначальном проектировании объекта (p/R). Значения коэффициентов K_{γ} , K_{φ} , K_c принимаются по [16, табл. 6.1].

Значение коэффициента K_s изменяется от 1 до 1,4 в зависимости от того, насколько полно реализована предельная осадка фундамента s для рассматриваемого здания за период его эксплуатации. Наибольшее значение коэффициента K_s принимается в том случае, когда расчетная (фактическая) осадка фундамента s существующего здания, установленная при фактическом давлении p , составляет менее 20 % от предельно допустимой s_u ($s < 0,2s_u$). Если расчетная (фактическая) осадка фундамента s составляет более 70 % от предельно допустимой s_u ($s > 0,7s_u$), то значение коэффициента K_s принимается равным единице ($K_s = 1$). Значения коэффициентов K_s принимаются по [16, табл. 6.2].

В случае, если условия (1.1)–(1.3) не выполняются, принимается решение о необходимости усиления фундамента (упрочнения основания) реконструируемого здания.

Способ передачи дополнительной нагрузки на сваи

После оценки загрузки основания фундаментов (мелкого заложения) и принятия решения о необходимости его усиления выбирается один из двух основных способов передачи части нагрузки от надземных строительных конструкций на сваи (и нижерасположенные

грунты основания). Такие сваи могут устраиваться непосредственно под подошвой существующего фундамента (первый способ) или примыкающими по ее периметру (второй способ) (рис. 2). Устроенный таким образом фундамент часто называют *комбинированным*. При этом комбинированный фундамент может быть односвайным (если устраивается одна свая под колонну или столб), кустовым (если устраивается две и более свай) и в виде свайного поля (если под существующим фундаментом устраивается десять и более свай).

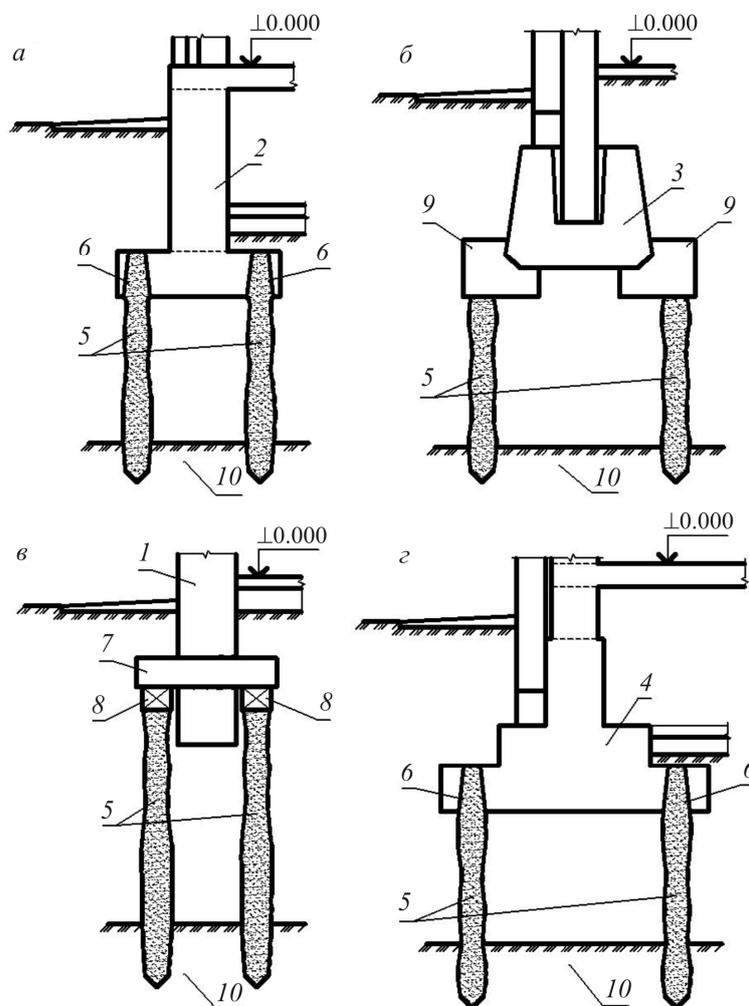


Рис. 2. Способы передачи дополнительной нагрузки на сваи при усилении фундаментов реконструируемых зданий: а, в – ленточных; б, г – отдельных; 1 – существующий ленточный бутовый (кирпичный) фундамент; 2 – существующий ленточный монолитный железобетонный фундамент; 3 – существующий отдельный сборный железобетонный фундамент; 4 – существующий отдельный монолитный железобетонный фундамент; 5 – инъекционная свая; 6 – конусовидное отверстие в плитной части существующего фундамента; 7 – поперечная металлическая балка, устраиваемая через отверстие в стеновой части существующего фундамента; 8 – продольная железобетонная балка; 9 – железобетонная обойма, устраиваемая по периметру фундамента; 10 – несущий слой прочного (малосжимаемого) грунта

Fig. 2. Methods for transferring additional loads to piles when reinforcing the foundations of reconstructed buildings: а, в – strip foundation; б, г – spread foundation; 1 – existing strip rubble (brick) foundation; 2 – existing strip monolithic reinforced concrete foundation; 3 – existing spread precast concrete foundation; 4 – existing spread monolithic reinforced concrete foundation; 5 – injection pile; 6 – tapered hole in the slab part of the existing foundation; 7 – transverse metal beam through a hole in the wall of an existing foundation; 8 – longitudinal reinforced concrete beam; 9 – reinforced concrete cage, arranged around the perimeter of the foundation; 10 – bearing layer of durable (low-compressive) soil

При первом способе сваи (инъекционные, буроинъекционные и др.), устраиваемые непосредственно под подошвой фундамента, передают часть внешней нагрузки на несущий слой прочного грунта основания в пределах контура (периметра) подошвы существующего фундамента (рис. 2 а, з).

По второму способу сваи устраиваются вдоль контура или по периметру подошвы существующего фундамента (ленточного и отдельного). Часть внешней нагрузки на несущий прочный слой грунта основания при этом передается на примыкающие к фундаменту сваи (инъекционные, буроинъекционные и др.). Стык свай с телом фундамента (подошвы фундамента) устраивается обычно жестким и равнопрочным (рис. 2, б, в) [3, 16].

Обоснование несущей способности свай

Рассмотрим оценку несущей способности инъекционных и буроинъекционных свай. Под несущей способностью F_d таких свай понимается предельное сопротивление около-свайного массива грунта основания их перемещению под нагрузкой. Для оценки F_d выбирается по инженерно-геологическому разрезу несущий слой грунта основания, в котором устраиваются нижние концы свай (см. выше). Выбор делается в пользу слоя грунта наиболее прочного, менее сжимаемого по сравнению с другими вышерасположенными инженерно-геологическими элементами. Слабые грунты (разновидности глинистых грунтов текучепластичной и текучей консистенции, рыхлые пески, торфы и др.) не рекомендуется использовать в качестве несущего слоя основания комбинированных фундаментов.

Величина несущей способности висячей сваи F_d (инъекционной, буроинъекционной) может быть *предварительно* определена аналитически по физико-механическим характеристикам грунта основания с использованием формулы СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты»:

$$F_d = \gamma_c \cdot \left(\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i \right), \quad (4)$$

где все обозначения приняты по формуле (7.8) СП 24.13330.2011.

Рассматривая данные определения несущей способности F_d висячих свай, необходимо отметить следующее. На начальном этапе выполнения работ по устройству инъекционных свай производят вдавливание металлического инъектора без выемки грунта, что имеет сходство со способом погружения свай вдавливанием. При устройстве буроинъекционных свай производят бурение скважины с использованием буровой коронки, закрепляемой на нижнем конце полый металлической штанги, через которую подается подвижный мелкозернистый бетон. Бурение скважины выполняется при одновременном погружении полый металлической штанги без выемки грунта, что также имеет сходство с погружением свай вдавливанием. Но подача мелкозернистого подвижного бетона под давлением в скважину (через инъектор или полую металлическую штангу) и дальнейшая ее опрессовка имеют общие черты технологических процессов устройства инъекционных и буроинъекционных свай.

Поэтому особенности устройства инъекционных и буроинъекционных свай не позволяют в полной мере использовать предоставленные в нормативной и другой технической литературе значения коэффициентов γ_{cr} и γ_{cf} . Таким образом, формула (4) для инъекционных и буроинъекционных свай часто приводит к значительным запасам их несущей способности и зачастую не отражает особенностей технологии устройства. Следовательно, значения F_d , установленные расчетом по (4), должны рассматриваться как *предварительные*, которые нуждаются

в дополнительной проверке. Следует также отметить, что метод определения F_d по (4) используется чаще для условий нового строительства и не учитывает напряженно-деформируемое состояние грунта основания реконструируемого здания. В последние годы получили развитие методы определения несущей способности F_d инъекционных и буроинъекционных свай для фундаментов реконструируемых (восстанавливаемых) зданий, которые базируются на результатах экспериментальных и теоретических исследований [7, 9, 10, 13].

Конструирование фундаментов

При конструировании фундаментов с учетом их усиления вначале анализируют данные по нагрузкам N_1 и N_2 на отметках пола первого (подвального) этажа до и после реконструкции здания (рис. 3). От различия нагрузок N_1 и N_2 существенно зависит планируемое количество инъекционных свай, необходимых для усиления фундамента, а также выбор способа передачи на них дополнительной нагрузки ΔN от здания $\Delta N = N_2 - N_1$. Затем выполняется расчет доли нагрузок, передаваемых на грунт основания подошвой фундамента N_ϕ и инъекционными (буроинъекционными) сваями $N_{св}$. Доля N_ϕ рассчитывается с учетом прочности (несущей способности) грунта основания и давления p_ϕ (нагрузки N_1) от здания до его реконструкции [12, 17]. Далее приступают к конструированию

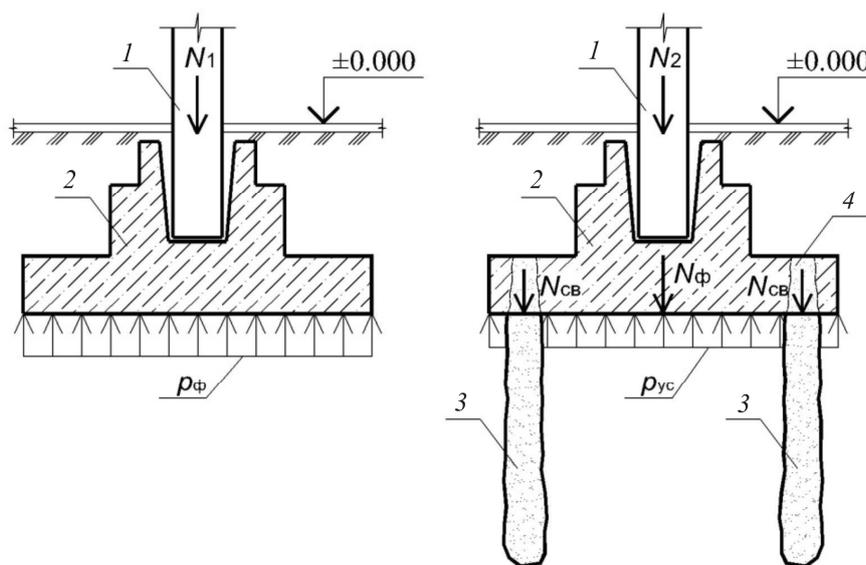


Рис. 3. Схема распределения внешней нагрузки от реконструируемого здания между элементами фундамента: *a* – до его усиления; *b* – после его усиления инъекционными сваями; *1* – колонна; *2* – отдельный фундамент; *3* – инъекционная свая; N_1 – нагрузка на фундамент до реконструкции здания; N_2 – нагрузка на фундамент после реконструкции здания; N_ϕ – нагрузка, передаваемая на плитную часть отдельного фундамента в условиях реконструкции здания; $N_{св}$ – нагрузка, передаваемая на инъекционные сваи; p_ϕ – давление по подошве отдельного фундамента до его усиления; p_{yc} – давление по подошве отдельного фундамента после его усиления

Fig. 3. Diagram of the distribution of the external load from the reconstructed building between the elements of the foundation: *a* – before its strengthening; *b* – after its strengthening; *1* – column; *2* – spread foundation; *3* – injection pile; N_1 – load on the foundation before reconstruction of the building; N_2 – load on the foundation after reconstruction of the building; N_ϕ – load transmitted to the slab part of a spread foundation in a building reconstruction; $N_{св}$ – the same, transferred to injection piles; p_ϕ – pressure on the sole of a spread foundation before its strengthening; p_{yc} – pressure on the sole of a spread foundation after its strengthening

фундаментов с учетом его усиления инъекционными, буроинъекционными и другими сваями (см. рис. 3). Назначают геометрические размеры дополнительных конструктивных элементов усиления (балки, обоймы, ростверки, подкосы, приливы и т.д.). При наличии значительных дефектов в подколонице (для отдельных фундаментов мелкого заложения) или в стеновой, плитной частях фундамента (для ленточных фундаментов) предусматривают их предварительное восстановление.

Поверочные расчеты основания фундаментов

Поверочные расчеты основания фундаментов с учетом их усиления инъекционными сваями выполняют по первой и второй группам предельных состояний (по несущей способности и деформациям). Сложность таких расчетов заключается в том, что основание существующего фундамента находится в напряженном состоянии, так как испытывает давление от реконструируемого здания, которое должно учитываться при проектировании. В настоящее время для реконструируемых (восстанавливаемых) зданий разработано ограниченное количество методов расчета осадок [8, 18] и несущей способности [1, 6, 10] основания фундаментов с учетом их усиления, которые пока не вошли в состав нормативных документов в России. Поэтому довольно часто при проектировании фундаментов реконструируемых зданий с учетом их усиления используется нормативная и техническая литература, подготовленная для проектирования фундаментов в условиях нового строительства [1, 4, 5, 19 и др.].

Расчет элементов фундамента на прочность

Конструктивные элементы усиливаемого фундамента и узлы их сопряжения рассчитывают в соответствии с методами, приведенными в нормативной и технической литературе (СП 63.13330.2018; СП 16.13330.2017; СП 14.13330.2018; Справочник геотехника, 2016 и др.) с учетом действующих на эти элементы фактических нагрузок и воздействий. К таким конструктивным элементам относятся железобетонные обоймы, пояса жесткости, балки, элементы наращивания, а также металлические (стальные) подкосы, стойки, полки, анкера и др.

Подготовка рабочей документации

Проектирование усиления фундаментов реконструируемых зданий инъекционными сваями предусматривает подготовку рабочей документации. В состав документации входят детальные чертежи для выполнения работ, спецификации на используемые материалы, проект производства работ и др. В рабочей документации указываются также мероприятия по разгрузке строительных конструкций надземной части здания, а также мероприятия по технике безопасности при производстве работ по усилению фундаментов.

Таким образом, представленный выше алгоритм проектирования усиления фундаментов реконструируемых, восстанавливаемых зданий с использованием инъекционных, буроинъекционных и других свай позволяет правильно и последовательно организовать работу специалистов.

Библиографический список

1. Полищук А.И. Основания и фундаменты, подземные сооружения: учебник. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во АСВ, 2020. – 498 с.

2. Пронозин Я.А., Самохвалов М.А. Расчет взаимодействия буроинъекционных свай с грунтовым основанием // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2018. – № 2. – С. 14–17.
3. Полищук А.И., Петухов А.А. Классификация, численный анализ и практическое применение способов усиления фундаментов сваями в условиях реконструкции зданий // Фундаменты глубокого заложения и геотехнические проблемы территорий: материалы Всерос. нац. конф. с междунар. участием (г. Пермь, 29–31 мая 2017 г.). – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017. – С. 206–218.
4. Готман А.Л. Сваи и свайные фундаменты. Избранные труды: монография. – Уфа: ИДПО УГНТУ, 2015. – 384 с.
5. Пономарев А.Б., Винников Ю.Л. Подземное строительство: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. – 262 с.
6. Тарасов А.А. О применении результатов статического зондирования для расчета несущей способности инъекционных свай в слабых глинистых грунтах // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 5. – С. 68–71.
7. Тарасов А.А. Развитие методов расчета инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для фундаментов реконструируемых зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 22 с.
8. Полищук А.И., Семенов И.В. Инженерный метод расчета осадки инъекционной сваи в глинистом грунте // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2019. – № 5. – С. 23–28.
9. Полищук А.И., Чернявский Д.А. Расчет несущей способности буроинъекционных конических свай в глинистых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2020. – № 4. – С. 2–7.
10. Петухов А.А. Совершенствование способа устройства инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для условий реконструкции зданий: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2006. – 192 с.
11. Пат. 2238366. Российская Федерация, МПК Е 02 D 5/34. Способ устройства инъекционной сваи / Полищук А.И., Герасимов О.В., Петухов А.А., Андриенко Ю.Б., Нуйкин С.С.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Научно-производственное объединение «Геореконструкция»». – № 2003106150/03; заявл. 04.03.2003; опубл. 20.10.2004, Бюл. № 29. – 10 с.
12. Полищук А.И., Семенов И.В. Перераспределение внешней нагрузки от отдельного фундамента здания между подошвой и инъекционными сваями, используемыми для его усиления // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию В.М. Шевцова / отв. за вып. А.Г. Кощачев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – С. 861–862.
13. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Глава 16. Усиление оснований и фундаментов зданий и сооружений (А.И. Полищук, А.А. Тарасов) / под общ. ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 1040 с.
14. Полищук А.И. Анализ грунтовых условий строительства при проектировании фундаментов зданий: науч.-практ. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 104 с.
15. Захаров М.С., Мангушев Р.А. Инженерно-геологические и инженерно-геотехнические изыскания в строительстве: учеб. пособие; под ред. Р.А. Мангушева. – М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2014. – 176 с.
16. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий. – 3-е изд., доп. – Нортхэмптон: Томск: STT, 2007. – 476 с.

17. Филиппович А.А. Взаимодействие ленточных фундаментов реконструируемых зданий с глинистым грунтом основания при их усилении инъекционными сваями: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. – 23 с.
18. Полищук А.И., Семенов И.В. Подход к расчету осадки одиночной инъекционной сваи в глинистых грунтах // *Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: материалы междунар. науч.-техн. конф.* – Новочеркасск: ООО «Лик», 2018. – С. 227–229.
19. Сваи и свайные фундаменты. Конструкции, проектирование и технологии: науч.-практ. пособие / Р.А. Мангушев, А.Л. Готман, В.В. Знаменский, А.Б. Пономарев; под ред. Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 320 с.
20. Коновалов П.А., Коновалов В.П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: монография. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 384 с.

References

1. Polishchuk A.I. *Osnovaniya i fundamenti, podzemnyye sooruzheniya* [Foundations and foundations, underground structures]. 2nd ed. Moscow, ASV, 2020, 498 p.
2. Pronozin, YA.A. Raschet vzaimodeystviya buroin"yektsionnykh svay s gruntovym osnovaniyem [Calculation of the interaction of bore-injection piles with a soil foundation] *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2018, no 2, pp. 14–17.
3. Polishchuk A.I. Klassifikatsiya, chislenny analiz i prakticheskoye primeneniye sposobov usileniya fundamentov svayami v usloviyakh rekonstruktsii zdaniy. *Fundamenti glubokogo zalozheniya i geotekhnicheskiye problemy territoriy* [Classification, numerical analysis and practical application of methods of strengthening foundations with piles in conditions of reconstruction of buildings. Deep foundations and geotechnical problems of territories]. *Materialy Vserossiyskoy natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. – Perm': Izd-vo PNIPU (nauchno-elektronnoye zdaniye)*. 2017, pp. 206–218.
4. Gotman A.L. *Svai i svaynyye fundamenti. Izbrannyye trudy* [Piles and pile foundations. Selected works]. Ufa, IDPO UGNTU. 2015, 384 p.
5. Ponomarev A.B. Vinnikov YU.L. *Podzemnoye stroitel'stvo* [Underground construction]. Perm, PNIPU, 2014, 262 p.
6. Tarasov A.A. O primenenii rezul'tatov staticheskogo zondirovaniya dlya rascheta nesushchey sposobnosti in"yektsionnykh svay v slabykh glinistykh gruntakh [On the application of the results of static sounding for calculating the bearing capacity of injection piles in weak clayey soils]. *SPb, SPbGASU, Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2015, no 5, pp. 68–71.
7. Tarasov A.A. Razvitiye metodov rascheta in"yektsionnykh svay v slabykh glinistykh gruntakh dlya fundamentov rekonstruiruyemykh zdaniy [Development of methods for calculating injection piles in weak clay soils for the foundations of reconstructed buildings]. Abstract of Ph.D. thesis, Tomsk, 2015, 22 p.
8. Polishchuk A.I., Semyonov I.V. Inzhenernyy metod rascheta osadki in"yektsionnoy svai v glinistom grunte [Engineering method for calculating the settlement of injection piles in clay soil] *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*, 2019, no. 5, pp. 23–28.
9. Polishchuk A.I., Chernyavskiy D.A. Raschet nesushchey sposobnosti buroin"yektsionnykh konicheskikh svay v glinistykh gruntakh [Calculation of the bearing capacity of bore-injection conical piles in clayey soils]. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2020, no. 4, pp. 2–7.
10. Petukhov A.A. Sovershenstvovaniye sposoba ustroystva in"yektsionnykh svay v slabykh glinistykh gruntakh dlya usloviy rekonstruktsii zdaniy [Improvement of the method of installation

of injection piles in weak clay soils for conditions of reconstruction of buildings]. Ph.D. thesis, Tomsk, 2006, 192 p.

11. Polishchuk A.I., Gerasimov O.V., Petukhov A.A., Andriyenko YU. B., Nuykin S.S. Spособ ustroystva in"yektsionnoy svai [Method for the device of injection piles]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2238366 (2014).

12. Polishchuk A.I., Semonov I.V. Pereraspredeleniye vneshney nagruzki ot otdel'nogo fundamenta zdaniya mezhdu podoshvoy i in"yektsionnymi svayami, ispol'zuyemyimi dlya yego usileniya [Redistribution of external load from a separate building foundation between the sole and injection piles used to strengthen it]. *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam IX Vseros. konf. molodykh uchenykh, posvyashch. 75-letiyu V.M. Shevtsova, Krasnodar: KubGAU. 2016, pp. 861–862.*

13. Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnyye sooruzheniya / Glava 16. Usileniye osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy [Strengthening the foundations and foundations of buildings and structures] (A.I. Polishchuk, A.A. Tarasov). 2nd ed. Moscow, ASV, 2016, 1040 p.

14. Polishchuk A.I. Analiz gruntovykh usloviy stroitel'stva pri proyektirovaniy fundamentov zdaniy [Analysis of soil conditions of construction in the design of building foundations]. Moscow, ASV, 2016, 104 p.

15. Zakharov M.S., Mangushev R.A. Inzhenerno-geologicheskkiye i inzhenerno-geotekhnicheskkiye izyskaniya v stroitel'stve [Engineering-geological and engineering-geotechnical surveys in construction]. Moscow, Saint Petersburg, ASV, 2014, 176 p.

16. Polishchuk A.I. Osnovy proyektirovaniya i ustroystva fundamentov rekonstruiruyemykh zdaniy [Fundamentals of design and installation of foundations of reconstructed buildings]. 3rd ed. Nortempton STT, Tomsk, STT, 2007, 476 p.

17. Filippovich A.A. Vzaimodeystviye lentochnykh fundamentov rekonstruiruyemykh zdaniy s glinistym gruntom osnovaniya pri ikh usilenii in"yektsionnymi svayami [Interaction of strip foundations of reconstructed buildings with clay base soil when reinforced with injection piles]. Abstract of Ph.D. thesis., Volgograd: VolgGASU, 2014, 23 p.

18. Polishchuk A.I., Semonov I.V. Podkhod k raschetu osadki odinochnoy in"yektsionnoy svai v glinistykh gruntakh [Approach to the calculation of the settlement of a single injection pile in clayey soils]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Mekhanika gruntov v geotekhnike i fundamentostroyenii».* Novocherkassk, Lik, 2018, pp. 227–229.

19. Mangushev R.A., Gotman A.L., Znamenskiy V.V., Ponomarev A.B. Svai i svaynyye fundamenty. Konstruktsii, proyektirovaniye i tekhnologii [Piles and pile foundations. Constructions, design and technology]. Moscow, ASV, 2015, 320 p.

20. Konovalov P.A., Konovalov V.P. Osnovaniya i fundamenty rekonstruiruyemykh zdaniy [Foundations and foundations of reconstructed buildings]. 5th ed. Moscow, ASV, 2011, 384 p.