

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 692.115

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ

А.Н. Стасишина, М.И. Абу Махади

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, д. 3, Москва, Россия, 115419

Выбор рационального, эффективного способа усиления фундаментов и оснований является основополагающим при реконструкции зданий. Под усилением фундаментов зданий и сооружений подразумеваются работы, проводимые вследствие изменения геометрических размеров зданий, увеличением постоянных или временных нагрузок, строительством подземных сооружений в пределах периметра здания, усилением несущей способности оснований и фундаментов, утраченной вследствие суффозии, колебания уровня подземных вод и иных причин, а также возникшими деформациями конструкций и их износом. Перед решением вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления проводятся инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов. С помощью профессиональной оценки специализированных компаний осуществляется независимая экспертиза, по результатам которой определяются причины разрушения фундамента, либо — в случае увеличения площади здания — принимается комплекс мероприятий, необходимых для обеспечения надежности фундамента. Методы реконструкции разнообразны, и выбор того или иного способа зависит не только от факторов, способствующих разрушению фундамента, но и от типа здания и основания. Надежность работы реконструируемых зданий обеспечивается совместной работой системы «основание — фундамент — подземные конструкции».

Ключевые слова: усиление фундаментов и оснований, реконструкция зданий, несущая способность, основание, фундамент, усиление фундамента, укрепление фундамента, свайные технологии, инъекционные технологии

Эксплуатация сооружений и зданий влечет за собой в силу ряда причин возникновение деформаций их несущих конструкций. Неравномерные осадки являются одной из самых распространенных причин таких деформаций, которые, в свою очередь, вызывают дальнейшие негативные изменения и разрушения различных несущих конструкций: перекрытий, колонн, стен, перемычек дверных или оконных проемов, сводов и прочих. Существует множество факторов, кото-

рые вызывают подобные осадки. В этой связи необходимо принять тщательно продуманное и оптимизированное решение этой проблемы, возникающей в процессе реконструкции зданий, — выбора рационального, эффективного способа усиления фундаментов и оснований.

В настоящее время применяются следующие методики усиления различных несущих конструкций, в основном направленные на усиление фундаментов и оснований существующих зданий и сооружений:

- устройство обойм, которые укрепляют кладку фундамента и значительно снижают удельное давление несущих конструкций сооружений на грунты;
- подведение новых фундаментов и перекладка имеющихся;
- химическое укрепление грунтов;
- устройство свай, расположенных в непосредственной близости с существующими фундаментами для передачи нагрузки от зданий на сваи.

При реконструкции существующих зданий и сооружений обязательно происходят значимые изменения — или дополнительное нагружение фундамента, или в расчете схемы работающего основания. Оба случая отягощены дополнительными осадками фундаментов, неравномерное развитие которых может послужить причиной появления трещин в надземных конструкциях (стенах, перекрытиях и т.п.).

Реконструкция зданий предполагает два основных фактора, оказывающих влияние на основание:

- дополнительное нагружение основания (результат замены перекрытий, устройство этажа, мансарды и т.д.);
- углубление подвалов.

Оба фактора по результатам геотехнических расчетных обоснований могут вызывать дополнительные неравномерные осадки фундаментов [2].

Решению вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления должны предшествовать инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов [3].

Инженерно-геологические изыскания требуют исследования свойств грунтов основания непосредственно в пределах глубины заложения фундаментов и под их подошвой, а также на глубину сжимаемой толщи. Количество геологических выработок, скважин и шурфов назначают в зависимости от размеров сооружения в плане, его типа, этажности, материала, протяженности и количества несущих стен и отдельно стоящих опор, наличия подвалов и подземных коммуникаций, сложности рельефа площадки, характера окружающей застройки, наличия архивных сведений о данном сооружении и проводившихся на площадке в предшествующие годы инженерно-геологических изысканиях [3].

Инженерно-геологические изыскания проводятся с целью определения физико-механических и деформативных характеристик грунтов основания, а также определения положения уровня подземных вод, в том числе с учетом его сезонных колебаний и химического состава для уточнения характера и степени агрессивности по отношению к материалу фундаментов.

Обследование фундаментов включает выявление конструкции, определение геометрических размеров и формы, характера и материала кладки фундаментов,

а также механической прочности материала кладки и связующего раствора, определение наличия, типа и материала гидроизоляции — горизонтальной и вертикальной. Подлежит расчету и величина фактического давления сооружения в отдельных его частях и в целом на грунты основания [3].

Для того чтобы минимизировать влияние реконструкции на основание, необходимо учесть ряд факторов и произвести конструкторские расчеты.

Среди данных мероприятий необходимо выделить следующие:

- выявление причин возникновения неравномерных осадок фундаментов при реконструкции зданий;
- расчет геотехнического обоснования работы оснований и фундаментов при реконструкции зданий;
- разработка мероприятий по усилению оснований.

В нашей статье мы хотели подробно рассмотреть вопрос о разработке мероприятий по усилению оснований и фундаментов.

Под усилением фундаментов зданий и сооружений подразумеваются работы, проводимые в связи с изменением геометрических размеров зданий, увеличением постоянных или временных нагрузок, строительством подземных сооружений в пределах периметра здания, а также усилением несущей способности оснований и фундаментов, утраченной вследствие суффозии, колебания уровня подземных вод и др., а также возникшими деформациями конструкций и их износом.

Надежность работы реконструируемых зданий обеспечивается совместной работой системы «основание — фундамент — подземные конструкции».

Повреждения оснований и фундаментов возникают за счет природных и техногенных процессов, нарушений требований нормативных документов, допускаемых при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации. Основными причинами повреждений являются:

- снижение прочностных и деформационных свойств грунтов при увлажнении, а также проявление процесса набухания и пучения грунтов;
- проведение земляных работ в пределах здания или вблизи него;
- прокладка коммуникаций;
- увеличение нагрузок на основание, сопровождаемое появлением эксцентриситета их приложения;
- вибрационные или динамические воздействия как внутренние, так и внешние.

Решению вопроса о необходимости выполнения усиления фундаментов и выборе способа усиления должны предшествовать инженерно-геологические изыскания и обследование конструкций существующих фундаментов [3].

Состав, объем и методы изысканий зависят от целей реконструкции, типа здания или подземного сооружения, их состояния и степени сложности инженерно-геологических условий.

Техническое задание заказчика и проектно-техническая документация реконструируемого здания являются основой для программы обследования фундамента.

Для последовательного и полного составления программы обследования фундамента реконструируемого здания необходимо изучить и проанализировать кон-

струкции фундаментов методом их вскрытия при проходке шурфов и других выработок.

По результатам обследования составляется технический отчет, содержащий результаты обследования и техническое заключение о возможности использования конструкций фундаментов и подземных сооружений при их реконструкции и рекомендации по типу рекомендуемых конструкций и технологии их устройства.

С целью выявления специфики усиления оснований необходимо отметить следующие методики усиления различных несущих конструкций, основной задачей которых является усиление фундаментов и оснований существующих зданий и сооружений.

Наряду с этими методиками применяются технологии усиления, имеющие больший эффект: укрепление фундаментов; усиление фундаментов; применение свай для усиления фундаментов мелкого залегания; закрепление грунтов методом инъекции растворов.

Укрепление фундаментов производится с помощью цементации. Данный метод используется вследствие передачи дополнительной нагрузки при реконструкциях зданий или оборудования, механических воздействий на фундамент, неправильной эксплуатации коммуникаций и оборудования.

Для восстановления кладки фундаментов из бутового камня, керамического кирпича, а также бетонных и железобетонных конструкций фундаментов используется метод инъектирования цементным раствором, синтетическими смолами и т.п.

Для цементации в теле фундамента бурятся шурфы или пробиваются отверстия для установки инъекторов. Диаметр отверстий должен быть на 2—3 мм больше диаметра инъектора, диаметр которого обычно принимается равным 25 мм. Расстояние между инъекторами обычно принимают равным 50—100 см. Глубина погружения инъектора в тело фундамента принимается равной 0,4—0,6 толщины (ширины) фундамента. При давлении нагнетания закрепляющего раствора 0,2—0,6 МПа диаметр закрепления может составить 0,6—1,2 м.

Обычно при цементации тела фундамента проводят цементацию контакта «фундамент—грунт», которая применяется для устранения устранить пустот и промоин, появляющиеся при длительной эксплуатации сооружения, улучшения механических и физических показателей грунтов под подошвой фундамента.

При реконструкции зданий и сооружений существенно растут нагрузки на фундамент. В результате неравномерной осадки образуются трещины в сооружении. В этих условиях рекомендуется усиление фундаментов посредством выполнения обойм из железобетона или бетона. В старом основании и цоколе устраиваются штробы и бурятся шпурсы. В них устанавливаются закладные детали (арматура, балки), которые обеспечивают совместную работу старых оснований и обойм. Дополнительно в обоймах устанавливается арматура для обеспечения прочности стен в продольном направлении. Таким способом достигается развитие опорной площади, то есть снижается давление на основание и уменьшается осадка здания. В фундаментах противоположные стенки обоймы соединяют арматурными стержнями, которые крепятся к арматуре обойм.

Обойма представляет собой прочную подпорку, которая устанавливается в нужном месте с внешней, внутренней или обеих сторон фундамента. Выставленные по всему периметру здания они выглядят в виде ступеньки, которая обжимает его и может быть любой высоты: от 15—20 см до режущей кромки основания. Этот способ целесообразно использовать для малоэтажных домов без подвала.

Использование свай возможно для зданий с монолитным ленточным основанием, свайным, из бутового камня, ленточно-столбчатым, столбчатым. Практичнее устанавливать железобетонные обоймы, так как они по мере схватывания обладают способностью плотно сжимать фундамент, что придает ему требуемую устойчивость. Самые надежные обоймы — железобетонные с уширением. Они наиболее устойчивы, и на них не действуют подвижки грунта. Для формирования таких отверстий применяется специальный бур Тисе. Он формирует такую лунку, что на ее дне образуется уширение.

При большом увеличении нагрузки элементы укрепления фундаментов должны быть введены в работу путем предварительной передачи давления на основание (обжатия).

Усиление фундаментов. Традиционные способы усиления фундамента заключаются в увеличении ширины подошвы фундаментов для обеспечения уменьшения удельного давления на грунт.

Усиление фундаментов мелкого заложения может быть осуществлено путем их уширения и углубления подведением дополнительных конструктивных элементов. Такими элементами могут быть плиты, столбы или сплошные стены

На участках длиной 1—2 м грунт под фундаментом удаляют и на месте изготавливают железобетонную монолитную плиту или монтируют заранее заготовленные железобетонные элементы. После обжатия грунта в основании гидравлическими домкратами и подкладки плиты, промежуток между плитой и подошвой старого фундамента заполняют пластичным бетоном с тщательным уплотнением.

Показательным примером использования данной технологии является усиление фундаментов домов, попавших в зону подработки при строительстве метрополитена, которое обычно осуществляется подведением под поврежденное здание сплошных фундаментных плит. Эти плиты выполняются из железобетона, имеют размеры секций подвалов здания. Плиты заделывают в штробы, которые вырубают в стенах подвалов, на уровне существующих полов. Такие плиты работают совместно с существующими фундаментами, повышают общую устойчивость основания за счет уменьшения удельного давления на грунт и повышения общей жесткости зданий.

Применение свай для усиления фундаментов. При наличии в геологическом разрезе основания прочного слоя, пригодного для опирания на него свай, в проектах усиления фундаментов следует рассматривать вариант подведения свай под существующие фундаменты [1].

При усилении оснований используются буровые, буронабивные и буроналивные сваи, сваи вдавливания. Особенность свайных технологий заключается в необходимости применения малогабаритной техники для работы в низких помещениях (подвалы, первые этажи зданий).

Буроабивные и буровые сваи используются при увеличении нагрузок и большой толщине слабых грунтов в основании, в сложных условиях реконструкции.

Буроинъекционные сваи используются в тех же условиях, а также при невозможности частичной разборки существующих фундаментов и в стесненных условиях строительства.

Очень часто забивка свай и бурение бывают недопустимы в силу грунтовых условий, или по состоянию здания, или гигиенических требований по шуму и вибрации. В этом случае применяются вдавливаемые сваи. Располагать подобные сваи возможно очень близко к стене и даже под существующим фундаментом. Однако в этом случае необходимо предварительное укрепление фундамента и стены. Затем становится возможным последовательное отрывание шурфов под фундаментом (на 1,8—2 м глубже их подошвы). И только потом возможно подводить и вдавливать в грунт отрезки металлических труб, свариваемых одна с другой и заполняемых бетоном. Вдавливание производится домкратом. Иногда такие сваи вдавливают на глубину 25 м. Преимуществом этих свай является возможность определить их несущую способность в процессе производства работ.

За рубежом применяют вдавливаемые сваи из сборных железобетонных элементов длиной до 100 см — сваи Мега. Площадь сечения свай 20×20 и 30×30 см. Внутри свай имеется сквозное отверстие. Допустимая нагрузка: 400 кН на сваи 30×30 см и 200 кН на 20×20 см. Расстояние между сваями принимается 1,3—2 м.

В последнее время начинают применять для укрепления фундаментов буроинъекционные сваи, называемые также корневидными. Для устройства этих свай нет необходимости выполнять большие земляные работы, пробивать вручную проемы и штрабы в старых фундаментах, зачищать боковую поверхность для сцепления нового бетона с материалом старого фундамента, расходовать стальной прокат. С поверхности земли и с уровня пола первого этажа или подвала бурят вертикально и наклонно через существующий фундамент скважины до опирания на прочный грунт. Диаметр скважины обычно составляет 100—250 мм. Этот вид укрепления фундаментов наиболее индустриален. Корневидные сваи особенно целесообразно применять для усиления старых фундаментов при реконструкции здания с увеличением нагрузок на фундамент, а также при опасности нарушения естественного основания глубокими выемками или подземными выработками возле здания. Известны примеры закрепления старых фундаментов зданий в тех случаях, когда рядом строится новое здание, под нагрузкой которого возможны деформации основания под старым зданием. В отличие от буроабивных свай, корневидные сваи бурят с помощью станков с малыми габаритами и массой, не нарушающими фундамент и грунт основания [1].

Усиление грунтов методом инъекции растворов. Для повышения прочности оснований и снижения деформаций зданий и сооружений применяют различные способы закрепления грунтов и усиления грунта оснований. Инъекционное закрепление грунтов может выполняться: цементацией, микроцементацией (мелкодисперсные вяжущие), струйной цементацией, силикатизацией, замораживанием и др.

При цементации грунта частицы грунта скрепляются цементным раствором, который нагнетается через инъектор или скважину в поры грунта. Данный способ

позволяет превратить пористый грунт в сплошной монолит или отдельные столбы из цементированных грунтов.

Цементацию применяют для закрепления трещиноватых скальных пород, гравелистых и песчаных грунтов с коэффициентом фильтрации 50—200 м/сут.

Для нагнетания в грунт используют цементные растворы. При наличии крупных пустот применяют цементно-песчаные растворы.

Применяют также цементно-глинистые смеси. Обычно берут высокодисперсную глину в количестве 50—100% массы цемента.

Для приготовления инъекционных растворов должен применяться обыкновенный портландцемент, обеспечивающий наибольшую плотность цементного камня. Растворы готовят в растворосмесителях РМ-500, РМ-750, МГ2-4Х, СМ-243Б.

При больших глубинах закрепления оснований инъекционные скважины бурят станками ударно-канатного, ударно-вращательного, колонкового и ударно-поворотного бурения. Способ бурения выбирается в зависимости от категории грунтов [6].

Микроцементы представляют собой портландцемент очень мелкого помола. Они предназначены специально для инъектирования в твердые породы и грунты. Благодаря очень мелким частицам микроцементы отлично проникают в микротрещины в твердых породах и мелкозернистых грунтах, обеспечивая водонепроницаемость, прочность и долговечность в большинстве случаев инъектирования. Микроцементы могут быть сульфатостойкими и доступны в различных градациях в зависимости от максимального размера частиц. Одной из целей микроцементов является закрепление и уплотнение грунтовых массивов и конструкций путем пропитки их поровой структуры водной суспензией и последующим затверждением массива. Микроцемент является альтернативой органическим инъекционным составам. Как минеральное вяжущее, отличается прочностью, долговечностью и безопасностью для окружающей среды.

В настоящее время для закрепления грунтов и иных конструкций успешно применяются растворы на основе таких микроцементов, как «Микролег d98» (производитель — фирма «Цементоросси», Италия), «Реоцем» (производитель — фирма «БАСФ», Германия), «Микродур» (производитель — фирма «Дюкерхоф», Германия), «Инжектоцем-190» (производитель — фирма «Зика», Швейцария) и т.д. Гранулометрический состав этих материалов характеризуется величиной удельной поверхности частиц.

Струйная цементация (джет-гроутинг, jet-grouting) применяется для закрепления любых типов грунтов, кроме скальных. Устройство струйной цементации выполняется в два этапа — бурение лидерной скважины диаметром 112 мм и нагнетание цементного раствора под высоким давлением через сопла монитора, расположенного на конце буровой колонны, с одновременным ее вращением и подъемом. Диаметр грунтобетонных свай в зависимости от геологических условий составляет от 600 мм до 1200 мм. Основным преимуществом технологии является возможность производства работ без ударных нагрузок на близко расположенные здания. Кроме того, устройство струйной цементации грунтов позволяет вы-

полнить работы с высокой производительностью, в сжатые сроки, что в современных условиях является особенно важным для инвестора с точки зрения эффективности затраченных финансовых ресурсов.

Силикатизация применяется для повышения прочности, устойчивости и водонепроницаемости песчаных и водонасыщенных грунтов с коэффициентом фильтрации от 2 до 80 м/сут. Способ силикатизации успешно применяется для закрепления грунтов в основаниях существующих зданий в целях ликвидации их просадок. Силикатизация может быть двух- и одно-растворной. Двухрастворная силикатизация заключается в последовательном нагнетании в грунт сначала водного раствора силиката натрия (жидкого стекла), а затем хлористого кальция, которые в результате химической реакции образуют гель кремниевой кислоты, гидрат окиси кальция (известь) и хлористый натрий. При этом прочность грунта достигает проектного значения.

Замораживание применяют в водонасыщенных грунтах (плывунах) при возведении фундаментов, сооружении шахт и др. Для замораживания грунта по периметру котлована погружают замораживающие колонки из труб, соединенные между собой трубопроводом, по которому нагнетают охлаждающую жидкость — рассол с температурой $-20...-25$ °С. Существенными недостатками метода являются временный эффект замораживания, длительный процесс оттаивания, необходимость разрабатывать весьма прочный мерзлый грунт. Однако технология замораживания хорошо отработана и способ широко применяется.

Представленные в данной работе методы усиления различных несущих конструкций при реконструкции зданий позволяют решать задачи повышения прочности фундаментов и оснований, а также снижения деформаций зданий и сооружений при их реконструкции. Рассмотренные методы представляют собой наиболее экономичные и эффективные решения по повышению надежности реконструируемого здания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горбунов-Посадов М.И., Ильичев В.А., Крутов В.И. и др. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. М.: Стройиздат, 1985. 480 с.
- [2] Алексеев С.И. Осадки фундаментов при реконструкции зданий: учеб. пособие. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2009. 82 с.
- [3] Егоров А.И. Методические рекомендации по проектированию и производству работ при усилении оснований и фундаментов памятников. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3547131/>
- [4] Улицкий В.М., Шашкин А.Г. Геотехническое сопровождение реконструкции городов. СПб.: Стройиздат Северо-Запад, Геореконструкция, 2010. 281 с.
- [5] Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К. Усиление и реконструкция фундаментов. М.: Стройиздат, 1985.
- [6] Штоль Т.М., Теличенко В.И., Феклин В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений: учеб. пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1990.

SOME ASPECTS OF RECONSTRUCTION OF FOUNDATIONS

A.N. Stasishina, Abumahadi Mohamed

Peoples' Friendship University of Russia
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The choice of a rational, effective way of strengthening of foundations and bases is fundamental in the reconstruction of buildings. The strengthening of foundations of buildings means the work carried out as a consequence of the change of the geometrical dimensions of buildings, increment of permanent or temporary loads, the construction of underground facilities within the perimeter of the building, the strengthening of load-carrying ability lost as a result of suffusion, fluctuations of groundwater level and other causes, as well as resulting deformation of the structures and the wearing. Geological engineering survey and construction of the existing foundations must precede before the decision on the need to strengthen the implementation of foundations and deciding how to gain. With the help of a professional assessment of specialized companies carried out an independent examination, by means of which the results are determined by the reason of destruction of the foundation or, in the case of increasing the area of the building, are fundamental to the adoption of a package of measures needed to ensure the reliability of the foundation. Reconstruction methods are varied and the choice of a particular method depends on the factors contributing to induced damage of the foundation and the type of building and the grounds. The reliability of reconstructed buildings is provided by a joint effort of system, “base — foundation — underground construction”.

Key words: Strengthening of foundations and bases , reconstruction of buildings, load-carrying ability, base, foundation, strengthening of foundation, underpinning, pile technologies, injection technologies

REFERENCES

- [1] Gorbunov-Posada M.I., Il'ichev V.A., Krutov V.I. and others. *Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya. Pod obshch. red. E.A. Sorochana i Yu.G. Trofimenkova* [The grounds, foundations and underground structures. Under the total. Ed. E.A. Sorochan and Yu.G. Trofimenkova]. M.: Strojizdat, 1985. 480 s.
- [2] Alekseev S.I. *Osadki fundamentov pri rekonstrukcii zdaniy: uchebnoe posobie* [Precipitation foundations for reconstruction: a tutorial]. SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2009. 82 s.
- [3] Egorov A.I. *Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu i proizvodstvu rabot pri usilenii osnovanij i fundamentov pamyatnikov* [Guidelines for the design and production of works in the strengthening of the foundations of monuments]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/3547131/>
- [4] Ulitsky V.M., Shashkin A.G. *Geotekhnicheskoe soprovozhdenie rekonstrukcii gorodov* [Geotechnical support for urban renewal]. SPb.: Strojizdat Severo-Zapad, Georekonstrukciya, 2010. 281 s.
- [5] Shvets V.B., Feklin S.I., Ginzburg L.K. *Usilenie i rekonstrukciya fundamentov* [Strengthening and reconstruction of foundations]. M.: Strojizdat, 1985.
- [6] Stoll T.M., Telichenko V.I., Filin V.I. *Tekhnologiya vozvedeniya podzemnoj chasti zdaniy i sooruzhenij. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [The technology of construction of underground parts of buildings and structures. Textbook for high schools]. M.: Strojizdat, 1990.