УДК 624.15

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ НАДСТРОЙКЕ ЭТАЖЕЙ В УСЛОВИЯХ СТЕСНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF FOUNDATION STRENGTHENING METHODS FOR STOREY ADDITION UNDER CONFINED URBAN DEVELOPMENT CONDITIONS

Кацнельсон Мария Александровна
студент-магистр,
факультет архитектуры, строительства
и автомобильных дорог,
Кубанский государственный технологический университет
m_maria_king.k@mail.ru

Леонова Анна Николаевна
кандидат технических наук,
доцент,
заведующий кафедрой строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan_kubstu@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ эффективности методов усиления фундаментов при надстройке этажей в условиях стесненной городской застройки. Рассмотрены традиционные технологии (цементация, монолитная железобетонная лента, вдавливаемые сваи) и инновационный метод – буроинъекционные сваи по электроразрядной технологии (ЭРТ).

Ключевые слова: усиление фундаментов, надстройка этажей, реконструкция зданий, стесненная городская застройка, цементация, монолитная железобетонная лента, вдавливаемые сваи, буроинъекционные сваи, электроразрядная технология (ЭРТ), несущая способность.

Katsnelson Maria Alexandrovna
Master's Student,
Kuban State Technological University,
Faculty of Architecture, Construction,
and Roads
m_maria_king.k@mail.ru

Leonova Anna Nikolaevna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department
of Building Structures,
Kuban State Technological University
lan_kubstu@mail.ru

Annotation. The paper presents an analysis of the efficiency of foundation strengthening methods for building storey addition under confined urban development conditions. Conventional techniques (cementation, monolithic reinforced concrete strip, jacked piles) and an innovative method – bored injection piles using electric discharge technology (EDT) – are considered.

Keywords: foundation strengthening, storey addition, building reconstruction, confined urban development, cementation, monolithic reinforced concrete strip, jacked piles, bored injection piles, electric discharge technology (EDT), bearing capacity.

В современном мире, где свободные территории для нового строительства практически исчерпаны, а цены на землю остаются высокими, одним из приоритетных направлений градостроительной политики становится реконструкция и надстройка существующих зданий. Надстройка дополнительных этажей позволяет не только увеличить полезную площадь без отчуждения новых участков, но и вдохнуть новую жизнь в сложившиеся кварталы, сохранив исторический облик и развивая инфраструктуру. Однако этот путь сопряжен с серьезной технической проблемой: увеличение нагрузки на фундаменты здания, часто уже имеющего высокий физический износ.

Одной из основных проблем становится плотная застройка: стесненность рабочей площадки, необходимость сохранения целостности соседних зданий, наличие подземных коммуникаций и невозможность остановки эксплуатации здания на период реконструкции. Традиционные методы усиления фундаментов, такие как уширение подошвы или устройство обойм, зачастую требуют больших объемов земляных работ, что в условиях центра города неприемлемо. Поэтому выбор оптимального, технически и экономически эффективного метода усиления фундаментов при надстройке этажей становится ключевой задачей инженерно-геотехнического проектирования.

В современной практике строительства для усиления фундаментов существующих зданий при реконструкции и надстройке этажей применяются такие технологические решения, как традиционные и инновационные.

К традиционным относят цементацию, устройство монолитных железобетонных конструкций, вдавливаемые сваи, к инновационным можно отнести буроинъекционные сваи по электроразрядной технологии.

1. Цементация.

Метод основан на нагнетании цементного раствора под давлением в грунт через специальную манжетную колонну, оборудованную клапанами. Колонна погружается в предварительно пробуренную скважину, заполненную малопрочным обойменным раствором, который направляет инъецируемый состав строго в заданный горизонт.

Метод способствует укрепление грунтов основания, заполнение пустот и трещин в теле фундамента, восстановление контакта «фундамент-грунт». Эффективен в песчаных, суглинистых, лессовых грунтах.

2. Устройство монолитной железобетонной ленты.

Метод предполагает устройство новой железобетонной конструкции (как правило, под подошвой существующего фундамента или с охватом его с боков), которая включается в совместную работу со старым фундаментом. Это может быть монолитная лента под существующий ленточный фундамент или обойма вокруг столбчатого.

Обычно применяется при надстройках до 1–2 этажей при нормативном (работоспособном) состоянии существующих фундаментов. Особенно эффективно, если необходимо одновременно восстановить подвальные помещения.

3. Усиление вдавливаемыми сваями.

Метод заключается в вдавливании под подошву фундамента с помощью домкратов секционных (составных) свай. Свая наращивается до тех пор, пока ее острие не достигнет плотных грунтов, обеспечивающих необходимую несущую способность. Упором для домкрата служит, как правило, железобетонная балка, анкерованная в стену здания.

Применяется при увеличении нагрузок на фундамент при надстройке. Особенно ценен низким уровнем шума и вибрации, что важно в плотной застройке.

4. Усиление буроинъекционными сваями по технологии ЭРТ.

Это более современный метод, основанный на электроразрядной технологии (ЭРТ). После бурения скважины и заполнения ее мелкозернистой бетонной смесью в нее опускается электродная система и производится серия мощных электрических разрядов (электровзрывов). Это вызывает уплотнение и дополнительную цементацию грунта вокруг сваи, формирование уширений по стволу и на конце.

Применяется при надстройках нескольких этажей (до 4 и более), в том числе при слабых и водонасыщенных грунтах.

Таблица 1 – Качественная оценка методов

Метод	Относительная стоимость (качественная оценка)	Основные затраты
Цементация	Низкая – Средняя	Материалы (цемент), оборудование для нагнетания
Монолитная ж/б лента	Средняя	Бетон, арматура, опалубка, земляные работы
Вдавливаемые сваи	Средняя – Высокая	Свайные секции, домкраты, анкерные устройства
Сваи ЭРТ (с электроразрядной обработкой)	Высокая	Спецоборудование (генераторы разрядов), бетон, строгий контроль качества

Таким образом, можно сделать вывод, что современная геотехническая практика располагает как традиционными методами усиления (цементация, устройство монолитной железобетонной ленты, вдавливаемые сваи), так и инновационными (буроинъекционные сваи по электроразрядной технологии ЭРТ). Каждый из методов имеет

свою область применения, достоинства и недостатки, а выбор конкретного решения должен основываться на совокупности технических, технологических, экономических и рисковых факторов.

Традиционные методы демонстрируют ограниченную эффективность при увеличении этажности более чем на 1–2 этажа:

– Цементация целесообразна лишь при незначительном увеличении нагрузок и хорошем состоянии грунтов, однако она слабо контролируема и несет риски засорения подземных коммуникаций;

– Монолитная железобетонная лента требует значительных объемов земляных работ, что в условиях плотной застройки часто неприемлемо, и эффективна только при работоспособном состоянии существующих фундаментов;

– Вдавливаемые сваи требуют вскрытия подошвы фундамента и не повышают несущую способность грунтов основания, что ограничивает их применение при слабых грунтах.

Буроинъекционные сваи, изготавливаемые по электроразрядной технологии, обладают рядом существенных преимуществ:

– удельная несущая способность по грунту в 2 и более раза выше по сравнению с обычными буроинъекционными сваями;

– возможность надстройки до 4 дополнительных этажей без остановки эксплуатации здания;

– минимальный объем земляных работ (бурение скважин диаметром 150–200 мм);

– низкий уровень вибраций и шума, что критически важно при работе вблизи исторических зданий;

– возможность выполнения работ из подвала малогабаритным оборудованием.

Основными недостатками метода ЭРТ являются высокая стоимость (специализированное оборудование, строгий контроль качества) и повышенные требования к квалификации персонала.

Таким образом, можно сделать вывод, что при надстройке 1–2 этажей и работоспособном состоянии фундаментов экономически оправданным может быть устройство монолитной железобетонной ленты, а при надстройке 3–4 этажей и более, а также при наличии слабых, водонасыщенных или просадочных грунтов наиболее эффективным и технически надежным решением является применение буроинъекционных свай. В условиях плотной городской застройки приоритетными критериями выбора должны быть: минимальный объем земляных работ, низкий уровень динамических воздействий и возможность выполнения работ из подвала. Этим критериям в наибольшей степени соответствуют цементация (при малых нагрузках) и сваи ЭРТ (при значительном увеличении нагрузки).

Литература

1. Грушин Н.В. Анализ методов работ по усилению фундаментов существующих зданий // Молодой ученый. – 2019. – № 16(254). – С. 24–26. – URL : https://moluch.ru/archive/254/58303
2. Егоров Е.А. Некоторые организационно-технологические решения по усилению фундаментов при реконструкции и надстройке зданий // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1.
3. Соколов Н.С. Технология усиления основания фундаментов в стесненных условиях при надстройке четырех дополнительных этажей // Строительные материалы. – 2018. – № 7. – С. 31–36.

References

1. Grushin N.V. Analiz metodov rabot po usileniyu fundamentov sushchestvuyushchikh zdaniy. Molodoy uchenyy. – 2019. – № 16(254). – P. 24–26. – URL : https://moluch.ru/archive/254/58303
2. Egorov E.A. Some organizational and technological solutions for strengthening foundations during reconstruction and extension of buildings // Engineering Bulletin of the Don. – 2019. – № 1.
3. Sokolov N.S. Technology for strengthening the base of foundations in cramped conditions during the extension of four additional floors // Construction Materials. – 2018. – № 7. – P. 31–36.