

Производство является безотходным, так как сам метод заключается в изготовлении изделия «добавлением» материала, а не «вычитанием» лишнего материала из заготовки, как при традиционных методах производства строительных конструкций. Это позволяет экономить на исходных материалах. Чем сложнее форма, тем существеннее будет экономия.

Использование 3D-принтеров позволяет уменьшить количество рабочих на стройплощадке. Так, для обслуживания строительного принтера требуются операторы, диспетчер-логист и рабочие, которые подают рабочую смесь; специалисты, монтирующие арматуру, закладные и окна с дверьми. Большинство тяжелого труда, который выполняют рабочие при традиционных методах строительства, при аддитивном строительстве выполняется 3D-принтером, что позволяет сделать труд рабочих на объектах интеллектуальным и снизить влияние человеческого фактора. Также это приводит к сокращению расходов на оплату труда за счёт автоматизации.

Экономия на исходных материалах и оплате труда позволяет снизить расходы на возведение «коробки» здания на 30–40 %, что в общем объеме составляет 7–10 %.

Также следует отметить, что применение аддитивных технологий подразумевает обязательное использование BIM-технологий (Building Information Modeling), которые позволяют создавать информационные модели объектов и рассматривать эти модели с учётом их полного жизненного цикла.

В то же время существует ряд недостатков, препятствующих распространению 3D-печати. К ним можно отнести достаточно высокую стоимость 3D-принтеров, отсутствие нормативно-технической базы, сложные составы бетонных смесей, невозможность выполнения работ при температуре ниже 5 °С. Также все ещё не решены вопросы по армированию и утеплению конструкции в рамках единого процесса и нет достаточного опыта эксплуатации подобных зданий и сооружений.

В современном строительном мире много внимания уделяется зелёному строительству, использованию информационного моделирования, автоматизации строительных процессов. Всё это включает в себя строительство с использованием аддитивных технологий. 3D-печать в строительстве является новым и весьма перспективным направлением, которое в ближайшем будущем сможет стать полноценным конкурентом традиционным методам строительства, а возможно, и обойти их при возведении малоэтажных зданий и зданий сложных форм.

Список литературы

- 1 Пустовгар, А. П. Технология и организация аддитивного строительства / А. П. Пустовгар, А. О. Адамцевич, А. А. Волков // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 12–20.
- 2 Демиденко, А. К. Перспективы применения 3D-печати в строительном комплексе Российской Федерации / А. К. Демиденко, А. В. Кулибаба, М. Ф. Иванов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 12. – С. 71–96.
- 3 Аддитивные технологии в строительстве: нишевые решения или предел рынка? / Консалтинговая группа «Текарт». 2021. – 19 с.
- 4 Антонова, В. С. Аддитивные технологии : учеб. пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. – СПб. ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 30 с.
- 5 3d-Printing Building Construction Market [Электронный режим]. – Режим доступа : <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/>. – Дата доступа : 12.09.2023.

УДК 624.15:728.1

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДА УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТА В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

В. М. ПРАСОЛ, Д. М. ГОЛОВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь, как и в других странах, наблюдается концентрация населения в крупных городах.

За период с 1991 по 2021 год уровень урбанизации в Республике Беларусь увеличился с 66,3 до 77,5 %. Ожидается, что уровень урбанизации будет увеличиваться и в 2030 году превысит 80 %.

В связи с этим градостроительная политика идет в направлении к наиболее рациональному использованию городского пространства и уплотнению существующей застройки. Поэтому в современном мире развитие мегаполисов и крупных городов Беларуси происходит как за счет использо-

вания подземных территорий (вглубь), так и за счет многоэтажного строительства (вверх), данные решения позволяют более рационально использовать существующие городские территории.

Стесненные условия городской застройки на начальных этапах проектирования и строительства зданий и сооружений создают ряд сложных и трудных геотехнических проблем, которые следует решить проектировщикам и подрядным организациям.

Самыми первостепенными проблемами в возведении зданий в центральных районах крупных городов являются: необходимость обеспечения и поддержания на том же уровне, что и до строительства в данных условиях, эксплуатационных свойств существующих зданий и сооружений, которые находятся в опасном приближении от строительной площадки.

Строительство новых зданий, находящихся в опасной близости к уже существующим зданиям и сооружениям, является более трудной задачей, чем строительство в нормальных условиях на отдельной площадке. Данная ситуация может вызывать дополнительную усадку и деформацию основания, в результате чего напряжение в грунтовых массах может увеличиться, что, в свою очередь, может привести к появлению в фундаментах, а далее и в несущих стенах близлежащих зданий деформаций, трещин, перекосов перемычек и лестничных клеток и маршей, к сдвигу и деформации плит перекрытий и т. п. до осадки части здания и его разрушения. Наиболее опасным при строительстве в таких условиях является также наличие слабых грунтовых масс под основанием фундаментов зданий, которые могут усугубить действие данных деформаций.

Помимо данной проблемы, существуют также следующие: ограниченность территории; необходимость постоянного геотехнического мониторинга; трудности в размещении крупногабаритной техники (башенные краны и т. п.), монтажа рельсовых путей; необходимость в дополнительном укреплении фундамента соседних близких зданий и сооружений, находящихся в опасной близости; высокий уровень шума от техники (компрессоры, элементы вентиляционных систем, различные дробильные и мельничные установки, насосы, и т. д.) и т. п.

В связи с этим возникает необходимость выбора оптимального метода устройства фундамента, который исключал бы возможность возникновения данных проблем.

Наиболее эффективно себя показали методы возведения фундаментов, созданные на принципе струйной цементации грунтов. К таким относятся уже давно известные технологии «Стена в грунте» и «Jet grouting», предоставляющие возможность устройства фундаментов новых зданий и сооружений в центральных районах крупных городов.

Технология устройства «Стена в грунте» направлена на строительство высотных зданий и различных подземных сооружений, таких как парковки, подземные многоярусные комплексы и т. п., в непосредственной близости от уже существующих зданий и сооружений, т. к. полностью исключает динамическое воздействие на грунт.

Метод «Стена в грунте» – это технология возведения фундаментов, ограждений котлованов, подпорных стен и подземных или заглубленных конструкций и сооружений. Её сущность заключается в том, что в грунте, до рытья котлована, размещают траншеи-щели и выемки различной формы в плане (прямоугольная, круглая, и т. п.), в которых из монолитного или сборного железобетона возводят ограждающие конструкции, и уже затем начинаются земляные работы внутри периметра. Метод дает возможность совмещать работы по устройству фундаментов и подвалов, что позволяет уменьшить объемы земляных работ. Он может применяться на любых грунтах, ограничения есть только для данных типов: в грунтах с пустотами и кавернами, на рыхлых свалочных грунтах, скальных, плавунных, дисперсных насыпных, при наличии подземных вод под напором, грунтах со строительным мусором, обломками бетонных и подобных элементов.

При возведении стен способом «Стена в грунте» применяется два вида: свайные и траншейные. Свайные могут быть как сплошными, так и прерывистыми с применением следующих видов свай: бурозаливных, буронабивных, буросекущих, бурокасательных, забивных и вдавливаемых. Траншейные – образуемые сплошной стеной из монолитного, сборного и сборно-монолитного железобетона. В методе с буросекущими сваями устраиваются сваи на расстоянии, меньшем их диаметра; выполняются такие конструкции, как ограждение строительной площадки, подпорные стены или противофильтрационные завесы, однако основания дома он выполнять не способен. Метод разработки траншеи применяют при возведении многоэтажных зданий, где спроектирована многоэтажная подземная часть. Она даёт технологические преимущества при строительстве многоэтажных зданий, в проекте которых предусмотрены многоярусная заглублённая часть, подземная парковка, гараж, хранилища, подвал.

Этот метод позволяет производить строительство в водонасыщенных неустойчивых грунтах, тем самым позволяя отказаться от таких работ, как водопонижение и замораживание грунтов, забивка шпунта; позволяет отказаться от дорогостоящих работ по водоотводу; дает возможность эко-

номить на материалах, снижает энергоёмкость строительства, а также уменьшает сроки строительного производства.

Технология Jet grouting представляет собой применение энергии высоконапорной струи цементного раствора, одновременно направленной на разрушение и перемешивание грунта на месте, с образованием нового материала, который обладает высокими прочностными и деформационными характеристиками и носит название грунтоцемент, однако иногда вместо цементного раствора могут применять струю воды или раствор цементно-бentonитовый.

Цементация грунта производится в два этапа с помощью буровой колонны.

На первом этапе специально оборудованной установкой бурится пробная скважина. Бурение осуществляется до проектной глубины с предварительной промывкой водным раствором под давлением не более 50 атм. Орошение подается на режущий инструмент. Затем насосом высокого давления подается водоцементный раствор под давлением до 500 атм. Этим высоким давлением перекрывается канал орошения и открываются два отверстия, в которых установлены сопла диаметром до 3,0 мм. При медленном вращении и поднятии буровой колонны происходит разрезание и перемешивание грунта энергией высоконапорной струи цементного раствора или воды, которая извергается из сопел.

Существует всего три режима технологии, в зависимости от вида грунта и необходимого размера диаметра свай: однокомпонентная (стандартный метод с использованием перемешивания цементного раствора и грунта), двухкомпонентная (к стандартному методу добавляется энергия струи сжатого воздуха), трехкомпонентная (она похожа на предыдущий режим, однако струя сжатого воздуха используется для создания в грунте полостей, которые заполняются раствором и получают колонны из цементного раствора без примесей грунта)

Рассматривая данную технологию, можно выделить её достоинства: позволяет выполнять работы в условиях плотной городской застройки за счет отсутствия ударных воздействий и небольшого количества техники – буровая установка и узел приготовления цементного раствора, который можно расположить в любом месте на строительной площадке; исключение необходимости предварительной работы с котлованом и работ, связанных с подземными водами; производство работ вне зависимости от типа грунта, от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов, за счет инъекционного закрепления грунтов; возможность организации работ при отрицательных температурах, в зимнее время года.

Исходя из вышеперечисленного, использование данных методик обеспечит безопасное строительство без дополнительных воздействий на соседние здания как в условиях плотной городской застройки, так и при нестандартных геологических условиях, также за счет скорости возведения фундаментов и подземных конструкций они смогут сократить сроки и стоимость строительства, что делает их лучшим вариантом при строительстве в центральных районах крупных городов.

Список литературы

1 **Басараб, А. Б.** Современные методы устройства фундаментов в стесненных условиях / А. Б. Басараб // Молодежь и наука : сб. материалов IX Всерос. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://elib.sfukras.ru/bitstream/handle/2311/12327/s099-001.pdf?sequence=1>. – Дата доступа : 14.05.2023.

2 **Копотилова, А. С.** Особенности строительства в условиях плотной городской застройки / А. С. Капотилова // Молодой учёный. – 2017. – № 49 (183). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://imoluch.ru/archive/183/46924/>. – Дата доступа : 14.05.2023.

3 **Протопопова, Д. А.** Проблемы и решения возведения зданий в условиях сложившейся городской застройки / Д. А. Протопопова // Academy. – 2017. – № 2 (12). – С. 142.

УДК 728.1:69

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В. М. ПРАСОЛ, Д. М. ГОЛОВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Высокая плотность городов стала отчетливой характеристикой городского развития.

Всё началось во второй половине XX века, когда наблюдалась стремительная урбанизация населения. В современном мире данная тенденция также остается, но в меньшем количестве, т. к. в