

Определение параметров устройства подземной части при крупноблочном строительстве

Т.К. Кузьмина, Ю.С. Нерсесян

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В данной статье рассматривается проблематика определения параметров устройства подземной части при крупноблочном строительстве.

Ключевые слова: крупногабаритный модуль, объемно-планировочные решения, конструктивные решения, производство, транспортирование, возведение, фундамент, подземная часть здания, крупноблочное строительство.

Введение.

Крупноблочное строительство имело значительное значение как в Советском Союзе Социалистических Республик (далее – СССР), так и в Российской Федерации, представляя собой важный метод массового жилищного и промышленного строительства. В СССР этот подход к строительству был широко применен в рамках программы крупномасштабного строительства, направленной на обеспечение жильем и инфраструктурой миллионов граждан. Одним из самых известных примеров крупноблочного строительства в СССР является массовое возведение микрорайонов, таких, как микрорайоны типового строительства, которые включали в себя множество однотипных жилых домов, построенных из крупных бетонных блоков. Этот метод позволял быстро создавать большие жилые массивы для многих семей, обеспечивая их жильем, коммунальными услугами и социальной инфраструктурой [1].

В современной России крупноблочное строительство также остается важным методом ведения строительных работ, особенно в массовом жилищном строительстве. Сегодня многие новые микрорайоны и жилые комплексы строятся с использованием крупных блоков и панелей из бетона или других материалов. Помимо жилищного строительства, крупноблочное

строительство также находит применение в промышленном и коммерческом строительстве. Например, в России возводятся складские комплексы, промышленные объекты и офисные здания с использованием крупных модулей и блоков, что позволяет сократить сроки строительства и снизить стоимость строительства. Особенно данный способ возведения зданий популярен в Сибири и на Дальнем Востоке – что в большой степени обосновано суровым климатом, логистическими и ресурсными проблемами [2].

Если говорить о будущем и перспективах крупноблочного строительства – они остаются весьма обнадеживающими, особенно в контексте стремительно меняющихся требований к жилью, инфраструктуре и коммерческим объектам. Несмотря на то, что этот метод строительства имеет свои ограничения и недостатки, его преимущества при определенных условиях намного их превосходят. С развитием технологий и появлением новых материалов крупноблочное строительство может стать еще более эффективным и инновационным методом строительства. Например, использование 3D-печати для создания крупных блоков и модулей может ускорить процесс производства и снизить его стоимость. Также, более высокая координация всех процессов строительства с помощью BIM технологий может позволить упростить процесс сборки блоков, а также избавиться от большого количества существующих на сегодняшний день проблем [3-5].

Методы и материалы. В ходе данной работы, рассмотрим особенности и параметры устройства подземной части крупногабаритного объемного модуля (далее – КГМ), разработанного ООО “КОМБИНАТ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – МОНАРХ”.

Использование таких КГМ позволяет создавать разнообразные объемно-планировочные решения для квартир и общественных помещений.

Максимальные размеры модуля: поперечный 7,5 м, продольный 15,5 м, высота 3,55 м. Общая площадь модуля обычно не превышает 100 м².

В пределах этих габаритов можно изменять планировку и использовать помещения для общественных целей, таких как сервисные службы и магазины, соединяя при необходимости 2-3 модуля.

Здания с крупногабаритными модулями следует проектировать по схеме поэтажной перекладки модулей, исключая модули мест общего пользования (МОП) и лестнично-лифтового узла (ЛЛУ) [6].

В крупных модулях, помимо жилых и общественных помещений, следует предусматривать возможность размещения кухонь, санузлов, лоджий, балконов и других помещений с инженерным оборудованием. В модулях необходимо устанавливать оконные и дверные блоки, размещать вентиляционные системы, санитарно-технические приборы и их подводы, скрытую электропроводку, встроенную мебель при необходимости, а также производить внутреннюю отделку и оформление фасадов.

Лестницы, лифты и входные группы проектируются в виде отдельных крупногабаритных модулей.

Выбор типа фундамента КГМ зависит от следующих параметров:

- Рельеф участка строительства;
- Этажность здания, его объемно-планировочное решение, а также передаваемые им нагрузки;
- Геологические условия строительной площадки (свойства грунтов, наличие грунтовых вод и т.д.);
- Стоимость производства работ по возведению того или иного типа фундамента.

Приведем характеристики различных видов фундаментов под крупногабаритные модули, их преимущества и недостатки, а также

выполним анализ практического опыта применения различных видов выполнения подземной части в крупноблочном строительстве:

1. Плитные фундаменты – проектируются с постоянной или переменной толщиной, определяемой расчетом для обеспечения прочности, жесткости и трещиностойкости, включая прочность на продавливание пилонами или сваями. Класс бетона плит должен быть не менее В25, коэффициент продольного армирования не менее 0,3 %, марка по водопроницаемости не менее W6, морозостойкость F75. Температурные швы в фундаменте могут быть исключены при условии учета дополнительных напряжений и деформаций. Данный тип фундамента является самым надежным, так как он способен выдерживать наибольшие нагрузки, а также не так сильно зависит от типа грунтов, как например ленточный фундамент. Из минусов можно выделить относительно высокую стоимость, длинный срок возведения, большой объем предварительных земляных и подготовительных работ (выравнивание участка, геодезические работы, устройство опалубки), а также необходимость проводить работы без долгих перерывов и в благоприятных погодных условиях.

2. Свайно-плитные фундаменты выполняются из монолитного железобетона под всей площадью здания. Возможно предусмотреть в подземной части здания гаражи-паркинги или, при малоэтажном строительстве, опирание опорных частей модулей (пилонов) непосредственно на фундаментную плиту. Подготовка основания под плиту и конструкция фундаментов должны обеспечивать равномерную осадку здания с отклонениями не более ± 5 мм по плоскости секций. Крен здания не должен превышать допустимых значений. Данный тип фундамента собрал в себе все достоинства и недостатки плитного, однако отличается область применения – наличие свай позволяет возводить его на неблагоприятных грунтах. Также можно выделить повышенную стоимость и срок возведения.

3. Ленточные фундаменты рекомендуется применять при проектировании зданий из крупногабаритных модулей на основаниях с нормативным давлением не менее $2,5 \text{ кгс/см}^2$ и малой этажности. Они должны быть выполнены в монолитном исполнении. Отклонения при установке закладных деталей допускаются не более $\pm 5 \text{ мм}$ в одной секции. Необходимо тщательно выверять размеры диагоналей под установку модулей в секции для обеспечения высокого качества монтажа. По наружному контуру фундаментной плиты рекомендуется устраивать полузамкнутое пространство («корыто») с монолитными вертикальными стенами и внешней гидроизоляцией на высоту выше уровня грунтовых вод до отметки $\pm 0,00$ первого этажа. Готовые модули нулевого цикла могут устанавливаться внутрь такого полузамкнутого пространства, что обеспечивает герметичность подвальной части здания, гаража-паркинга и помещений инженерного назначения. Основными достоинствами данного фундамента являются простота возведения, относительно небольшая стоимость, отсутствие необходимости в объемных предварительных работах по подготовке строительной площадки и уменьшенные сроки строительства. Однако данный фундамент подойдет только для малоэтажных крупногабаритных зданий, а также ограничивается возможностью возведения только на площадках с благоприятными геологическими условиями.

Чаще всего в зависимости от инженерно-геологических условий применяются плитные и свайно-плитные фундаменты, которые изготавливаются из монолитного железобетона [7,8].

Перекрытие над подвалом, являющееся основанием для монтажа крупногабаритных модулей, как правило, выполняется из монолитного железобетона. При высоте помещений первых этажей, превышающей $3,5 \text{ м}$, такие перекрытия также рекомендуется проектировать из монолитного

железобетона. Если вертикальные несущие элементы подвала или первого этажа не выполнены по одной вертикальной оси, под ними располагаются распределительные балки, балки-стенки или предусмотрено утолщение перекрытий. Толщина плит, класс бетона и армирование зависят от нагрузки и длины пролетов и определяются расчетом.

При пролетах до 6-8 м перекрытия выполняются преимущественно плоскими, при больших значениях - с капителями, ребристыми или кессонными. При необходимости применения большего процента армирования рекомендуется использовать сталежелезобетонные колонны. Минимальный поперечный размер колонн - 300 мм, стен и пилонов - не менее 200 мм, процент армирования не более 10. При расчете колонн и пилонов рекомендуется принимать пониженный коэффициент модуля деформации бетона - 0,6. При расчете конструкций учитываются нелинейные свойства железобетона, образование трещин и понижение жесткости сечений. В первом приближении рекомендуется принимать пониженный коэффициент модуля деформации бетона - 0,3.

Систематизируем все параметры элементов и работ, производимых при возведении подземной части КГМ, и внесем их в табл.1-2 [9].

Таблица № 1

Параметры элементов необходимых для устройства подземной части КГМ

Элемент	Правила изготовления
Железобетонные элементы	1. Железобетонные изделия собираются на конвейере из плоских элементов, изготовленных на других линиях. 2. Плоские элементы производятся на роботизированной линии, где устанавливаются торцевые борта и выполняется затирка поверхности и тепловая обработка при температуре 60-80°C. 3. Бетонирование происходит в два этапа: сначала вертикальные элементы, затем плита пола толщиной 100-150 мм. 4. Тепло-влажностная обработка производится в течение 8-12 часов.
Арматурные	1. Арматурные изделия изготавливаются в соответствии с

Элемент	Правила изготовления
изделия	ГОСТ Р 57997 и включают стержни, сетки и каркасы. 2. Резка стержней и сеток производится механическими, гидравлическими или пневматическими ножницами с допуском ± 2 мм. 3. Гибка стержней выполняется на приводных станках с радиусом гибки не менее 5 диаметров стержня. 4. Сварка арматуры выполняется контактно-точечным методом при силе тока 10-12 кА. 5. Пространственные каркасы изготавливаются из арматурных стержней диаметром 8-25 мм, соединённых вязальной проволокой диаметром 1,2 мм или сваркой.
Закладные детали	1. Закладные детали подразделяются на закрытые и открытые типы и служат для крепления арматурных элементов. 2. Соединение деталей выполняется сваркой при температуре 20-25°C. 3. Детали изготавливаются в кондукторах для обеспечения точности геометрии с отклонением не более 3 мм.

Таблица № 2

Параметры, влияющие на выполнение работ по устройству подземной части (фундаментов) КГМ и монтажа на них надземной части

Этап	Правила устройства (выполнения)	Входной контроль	Выходной контроль
Геодезические работы и выверка конструкций	1. Геодезические работы выполняются в соответствии с СП 126.13330, ГОСТ Р 53611, ГОСТ 26433.0, ГОСТ 26433.1 и ГОСТ 26433.2. 2. Создание геодезической разбивочной основы (ГРО) и перенос осей на строительную площадку. 3. Исполнительная съёмка по окончании каждого этапа строительства.	Контроль правильности и точности выполнения геодезической разбивочной основы и переноса осей.	Проверка точности исполнительной съёмки и выверки конструкций.

Этап	Правила устройства (выполнения)	Входной контроль	Выходной контроль
Монолитные работы	1. Выполнение комплекса взаимосвязанных процессов: опалубочные, арматурные и бетонные работы. 2. Поддержание температурных условий для твердения бетона (не ниже +5°C).	Проверка соответствия опалубки проекту, контроль качества арматуры и закладных деталей.	Проверка прочности бетона, осмотр поверхности на наличие дефектов, контроль геометрических параметров конструкций.
Бетонирование	1. Опалубочные работы включают изготовление и установку опалубки с допуском ± 3 мм. 2. Арматурные работы включают изготовление и установку каркасов и сеток, закреплённых через каждые 200-300 мм. 3. Бетонные работы включают приготовление, подачу и укладку смеси с температурой 15-25°C.	Проверка качества опалубки, положения и крепления арматуры.	Контроль поверхности и прочности бетона через 7 и 28 суток, проверка геометрии и наличие дефектов.
Транспортировка	1. Модули транспортируются на специализированных транспортных средствах с обеспечением устойчивости и защитой от механических повреждений. 2. При транспортировке должны соблюдаться	Проверка состояния модулей перед погрузкой, контроль закрепления модулей на транспортных средствах.	Осмотр модулей на наличие повреждений после доставки на строительную площадку.

Этап	Правила устройства (выполнения)	Входной контроль	Выходной контроль
	правила безопасности дорожного движения и иметься специальное разрешение для крупногабаритных грузов.		
Погрузо-разгрузочные работы	1. Погрузка и разгрузка модулей производятся с использованием кранов грузоподъемностью 25-50 тонн. 2. Работы выполняются при температуре от -20°C до +40°C. 3. Модули закрепляются самобалансирующими стропами длиной 5-10 м.	Проверка грузоподъемных механизмов, строп и состояния модулей перед погрузкой.	Осмотр модулей на наличие повреждений после разгрузки.
Тепло-влажностная обработка	1. Обработка производится для ускорения твердения бетона в условиях температуры 60-80°C и влажности 95-100% в течение 8-12 часов. 2. Используются камеры для обеспечения равномерной обработки.	Контроль температуры и влажности в камерах, проверка равномерности обработки бетона.	Проверка прочности бетона после обработки, осмотр поверхности на наличие трещин и дефектов.
Монтаж крупногабаритных модулей	1. Установка модулей в проектное положение с точностью ± 5 мм. 2. Обеспечение пространственной неизменяемости	Проверка проектной документации и параметров модулей, проверка геометрии	Проверка устойчивости и точности установки модулей, контроль вертикальности и



Этап	Правила устройства (выполнения)	Входной контроль	Выходной контроль
	конструкций с помощью временных креплений и укосов.	модулей перед установкой.	горизонтальности конструкций.
Контроль качества строительных работ	1. Осуществление входного и операционного контроля, а также оценки соответствия выполненных работ проектным требованиям. 2. Входной контроль включает проверку строительных материалов и изделий по ГОСТ 24297. 3. Операционный контроль включает проверку всех этапов строительства.	Проверка состава проектной документации, контроль строительных материалов и изделий.	Проверка геометрических параметров, прочностных характеристик, качество монтажных стыков и узлов.
Безопасность производства, охрана труда и окружающей среды	1. Соблюдение требований ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.009, ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.012 и ГОСТ 12.4.244. 2. Обучение персонала безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004. 3. Обеспечение пожарной безопасности по требованиям Федерального закона №123-ФЗ.	Контроль за выполнением требований безопасности труда и охраны окружающей среды.	Проверка соблюдения норм безопасности и охраны труда, контроль состояния окружающей среды на строительной площадке.

Основываясь на всем вышеперечисленном, а также на практическом опыте возведения крупноблочных зданий, полученном ГК «МОНАРХ», проведем сравнительный анализ параметров устройства подземной части 7-этажного здания из ГКМ площадью 4567 м², а также крупнопанельного, крупноблочного и монолитного зданий с такими же характеристиками.

В табл. 3. на основе [10] представим сравнение сроков выполнения земляных работ и возведения подземной части в выбранных вариантах зданий.

Таблица № 3

Сравнительный анализ сроков выполнения работ выбранных вариантов зданий

Тип здания	Время выполнения земляных работ, мес.	Время возведения подземной части, мес.
Здание из КГМ, разработанных ООО «КОМБИНАТ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – МОНАРХ»	0,5	0,5
Крупнопанельное здание	1	1
Крупноблочное здание	1	1
Монолитное здание	1	1

Также, приведем преимущества зданий из крупногабаритных модулей перед остальными рассматриваемыми вариантами:

- Тщательный контроль качества используемых материалов и комплектующих;
- Высокая точность и качество изготовления в оптимальных условиях завода, что снижает негативные воздействия на строительной площадке;
- Повышение эффективности труда за счёт рациональной организации работы;

- Сокращение времени строительства благодаря объединению всех строительных процессов под одной крышей и стандартизации рабочих процессов, организованных командами специалистов;
- Энергоэффективность и экологичность заводского производства;
- Гарантия качества выполнения работ от завода-изготовителя;
- Снижение транспортных расходов и уменьшение нагрузки на дорожную инфраструктуру;
- Максимальная механизация и автоматизация работ, что сокращает трудозатраты на строительной площадке, так как основная часть (до 90%) всех работ переносится на завод;
- Уменьшение уровня загрязнения окружающей среды в районе строительства;
- Снижение себестоимости строительства;
- Сокращение сроков строительства, что ускоряет возврат инвестиций в проект;
- Удобство строительства в северных регионах с суровыми климатическими условиями, где транспортировка готовых модулей оказывается более выгодной, чем доставка сырья и материалов.

Из недостатков можно выделить ограниченное количество объемно-планировочных решений, невозможность возведения высотных зданий, а также ограниченные размеры в плане.

Выводы. Проведенное исследование по теме определения параметров возведения подземной части при крупноблочном строительстве, а также сравнительный анализ некоторых и обзор различных аспектов данного процесса, начиная от выбора материалов и конструктивных решений, и заканчивая методами монтажа и контроля качества из них позволил оценить основные преимущества данной сферы.

Действительно, методы монтажа и контроля качества играют важную роль в обеспечении безопасности и долговечности строений. Применение современных технологий и инструментов контроля позволяет выявлять и устранять возможные дефекты на ранних стадиях, что способствует повышению качества и надежности строительства.

Литература

1. Мойзер Ф., Задорин Д. К типологии советского типового домостроения. Индустриальное жилищное строительство в СССР. 1955-1991. – Берлин: DOM Publishers, 2018. – 448 с.
2. Карпуц Д. А. Применение технологии объемно-блочного строительства на территориях Сибири и Дальнего Востока // Молодой ученый. – 2023. – №23 (470). – С. 29-31.
3. Воробьев В. С., Сидоренко И. Л. Крупнопанельное домостроение: историческая необходимость и перспективная технология строительной отрасли // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – №1 (60). – 130-139 с.
4. Bertram N., Fuchs S., Mischke J., Palter R., Strube G., Woetzel J. Modular construction: From projects to products. – McKinsey & Company, 2019. – 34 с.
5. Kaushal V. Comparative Review Study of Modular Construction with Traditional On-site Construction // ResearchGate. – 2023. – URL: [researchgate.net/publication/381245771_Comparative_Review_Study_of_Modular_Construction_with_Traditional_On-site_Construction](https://www.researchgate.net/publication/381245771_Comparative_Review_Study_of_Modular_Construction_with_Traditional_On-site_Construction).
6. Адигамова З. С., Лихненко Е. В. Архитектура гражданских полносборных зданий: учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 127 с.
7. Берлинов М. В. Основания и фундаменты: Учебник. 4-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2011. – 320 с.

8. Боданов Ю. Ф. Фундаменты от А до Я: Строительство и ремонт фундаментов. Планировка. Технология. Материалы. – М.: ИКТЦ ЛАДА, 2005. – 224 с.

9. Соколов Г. К. Технология строительного производства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 544 с.

10. Нормирование продолжительности строительства зданий и сооружений. МДС 12-43.2008/3АО «ЦНИИОМТП». – М.: ОАО «ЦПП», 2008. – 16 с.

References

1. Moyzer F., Zadorin D. K tipologii sovetskogo tipovogo domostroeniya. Industrial'noe zhilyshchnoe stroitel'stvo v SSSR. [Typology of Soviet Standard Housing. Industrial Housing Construction in the USSR]. 1955-1991. Berlin: DOM Publishers, 2018. 448 p.

2. Karputs D.A. Molodoy uchenyj. 2023. №23 (470). pp. 29-31.

3. Vorob'ev V.S., Sidorenko I.L. Vestnik Sibirsko go gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. 2022. №1 (60). pp. 130-139.

4. Bertram N., Fuchs S., Mischke J., Palter R., Strube G., Woetzel J. Modular construction: From projects to products. McKinsey & Company, 2019. 34 p.

5. Kaushal V. ResearchGate. 2023. URL: [researchgate.net/publication/381245771_Comparative_Review_Study_of_Modular_Construction_with_Traditional_On-site_Construction](https://www.researchgate.net/publication/381245771_Comparative_Review_Study_of_Modular_Construction_with_Traditional_On-site_Construction).

6. Adigamova Z.S., Likhnenko E.V. Arkhitektura grazhdanskikh polnosbornykh zdaniy: uchebnoe posobie. [Architecture of Civil Prefabricated Buildings: Textbook]. Orenburg: OGU, 2019. 127 p.

7. Berlinov M.V. Osnovaniya i fundamenty: uchebnik. 4-e izd., ispr. [Foundations: Textbook. 4th ed., revised]. SPb.: Lan', 2011. 320 p.



8. Bodanov Yu.F. Fundamenty ot A do Ya: Stroitel'stvo i remont fundamentov. Planirovka. Tekhnologiya. Materialy. [Foundations from A to Z: Construction and Repair of Foundations. Planning. Technology. Materials]. M.: IKTTs LADA, 2005. 224 p.

9. Sokolov G.K. Tekhnologiya stroitel'nogo proizvodstva: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy. 3-e izd., ster. [Technology of Construction Production: Textbook for Higher Education Students. 3rd ed., revised]. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008. 544 p.

10. Normirovanie prodolzhitel'nosti stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy. MDS 12-43.2008/3AO «TSNIIО-MTP». M.: OAO «TsPP», 2008. [Standardizing Construction Duration for Buildings and Structures. MDS 12-43.2008/3AO “TsNIIOmTP”]. 16 p.

Дата поступления: 24.07.2024

Дата публикации: 30.08.2024