

На правах рукописи



Пахомова Лилия Алексеевна

**Методика моделирования возведения жилых зданий из
крупногабаритных объёмных блоков**

2.1.7. Технология и организация строительства

АФТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Олейник Павел Павлович

Официальные оппоненты: **Шаленный Василий Тимофеевич** – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», институт «Академия строительства и архитектуры», кафедра Технологии, организации и управления строительством, профессор

Аргунов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора научно-проектного центра «Развитие города»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Защита состоится 15 февраля 2024 г. в 14:00 (по местному времени) на заседании диссертационного совета 24.2.339.06, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», по адресу 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 9 студия «Открытая сеть».

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» и на сайте www.mgsu.ru

Автореферат разослан «___» _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Коротеев Дмитрий
Дмитриевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Важнейшей государственной задачей в градостроительстве является наращивание объемов возведения качественного и комфортного жилья при неукоснительном сокращении продолжительности и трудоемкости строительства. Так, в 2022 г. объем жилищного строительства в Российской Федерации составил рекордный показатель 102,7 млн. кв. м. В настоящее время в жилищном строительстве реализуется этап возведения жилых зданий пятого индустриального поколения, который характеризуется не только универсальными и гибкими объемно-планировочными и конструктивными решениями, но и развитием новых перспективных инновационных технологий. К их числу, в первую очередь, относится переход к возведению жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков. Такие блоки изготавливаются высокой или полной готовности на промышленных предприятиях, включая выполнение отделочных, сантехнических и электротехнических работ. Соотношение промышленного и строительного производства составляет примерно 75–85% на 15–25% при возведении здания. Перенос основных строительного-монтажных работ в заводские условия превращает строительную площадку в индустриальную конвейерную сборку зданий при одновременном многократном сокращении продолжительности и трудоемкости их возведения с достижением высокого качества жилья.

Вместе с тем, развитие строительства объектов из крупногабаритных объемных блоков требует огромных капитальных вложений и, в первую очередь, на формирование комплексных усилий научно-исследовательских, проектно-конструкторских и строительного-монтажных организаций на создание соответствующих промышленных предприятий и решений по типизации и унификации блоков, разработке современных объемно-планировочных и конструктивных систем зданий, создание специализированной транспортно-монтажной техники, организации и технологии строительного производства. Одной из узловых проблем является выработка адекватных организационно-технологических решений, как решающий фактор высокой эффективности строительного производства.

Степень разработанности темы исследования.

В диссертационной работе проанализированы различные аспекты разработки организационно-технологических решений при возведении жилых зданий в трудах советских, российских и зарубежных ученых и специалистов, в том числе: Амбарцумяна С.А., Аргунова С.В., Афанасьева А.А., Баталина Ю.П., Караулова В.П., Киевского Л.В., Король Е.А., Ладовского И.А., Лapidуса А.А., Мещерякова А.С., Мищенко В.Я., Мухаметзянова З.Р., Олейника П.П., Скачкова И.А., Степанова И.В., Сухих И.С., Цыцина С.В., Черненко В.К., Шаленного В.Т., Шапиро В.Д., Шепелева А.Л., Moshe Safdie, Kisho Kurokawa, Jan Komoski и др.

Следует отметить, что, несмотря на огромный объем выполненных исследований и полученных результатов в области формирования организационно-

технологических решений при возведении жилых зданий требуется дальнейшее их научное развитие применительно к специфике и новым условиям производства работ по крупногабаритному объемному строительству. В первую очередь это относится к обоснованию продолжительности и трудоемкости строительства зданий, выбору методов монтажа блоков, увязке процессов доставки и монтажа блоков, формированию структуры специализированных потоков, определению состава и загрузки рабочих бригад.

Цель исследования - состоит в разработке методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков на основе установленных зависимостей и положений, обеспечивающих минимальные продолжительность строительства и затраты труда на строительной площадке.

Задачи исследования.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- обобщение и анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства жилых зданий из объемных блоков;
- выявление особенностей перехода на возведение жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков;
- определение и оценка показателей продолжительности и трудоемкости возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков;
- моделирование увязки процессов доставки и монтажа крупногабаритных объемных блоков;
- разработка методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков;
- оценка результатов внедрения положений диссертационного исследования.

Объект исследования – проектирование и строительство жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков.

Предмет исследования – процессы моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков.

Научно-техническая гипотеза заключается в предположении возможности кардинального сокращения продолжительности и трудоемкости возведения жилых зданий на строительной площадке за счет сведения всех производственных процессов к трем основным – эффективный монтаж крупногабаритных объемных блоков полной или высокой заводской готовности, высокотехнологичное устройство вертикальных и горизонтальных стыков, выполнение унифицированных послемонтажных работ по соединению инженерных коммуникаций.

Методология и методы исследования.

Методологической базой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области организации строительного

производства и технологии строительного-монтажных работ, организационно-технологического моделирования, а также методы исследования, основанные на теории математического моделирования и математической обработки результатов опыта.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложены способы определения продолжительности и трудоемкости возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков на основе обобщения детального хронометража такелажных и монтажных операций по экспериментальному монтажу жилого корпуса.

2. Установлены условия синхронизации решений по доставке и монтажу крупногабаритных объемных блоков с определением их организационно-технологических параметров по вариантам пессимистической, удовлетворительной и оптимистической оценок.

3. Впервые разработана методика моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков, объединившая этапы выбора расчетного типажа блоков, формирования вариантов объемно-планировочных решений зданий из блоков, обоснование метода монтажа блоков, построения модели возведения здания с увязкой процессов доставки и монтажа блоков.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методологии организационно-технологического моделирования применительно к перспективному направлению возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков за счет установления закономерности взаимодействия объемно-планировочных, конструктивных и организационно-технологических параметров, обеспечивающих в конечном счете возможность кардинального сокращения продолжительности и трудоемкости строительного-монтажных и специализированных работ на строительной площадке.

Практическая значимость работы состоит в разработке и апробации методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков, основанной на применении топологии процессов доставки и монтажа блоков и расчетных организационно-технологических показателей, отработанных по данным экспериментального строительства. В результате на этапе пионерного освоения строительства жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков данная методика может использоваться при формировании и выборе организационно-технологических решений в составе проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР), а также при составлении и оптимизации сводных календарных планов производственных программ строительных организаций, ведущих возведение зданий из объемных блоков.

Результаты работы по расчету типажа объемных блоков, составлению опорных вариантов размещения блоков в объемно-планировочных решениях зданий, увязке доставки и монтажу блоков, формированию структуры специализированных потоков, определению состава и загрузки рабочих бригад

позволяют автоматизировать весь процесс моделирования возведения жилых зданий из объемных блоков и их комплексов с привязкой под реальные производственные и природно-климатические условия.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Методика моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков, объединяющая этапы выбора расчетного типажа блоков, формирования вариантов объемно-планировочных решений зданий из блоков, выбора метода монтажа блоков, построения модели возведения здания с увязкой процессов доставки и монтажа блоков.

- Способы определения продолжительности и трудоемкости возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков на основе обобщения детального хронометража такелажных и монтажных операций по экспериментальному монтажу жилого корпуса.

- Положения по увязке процессов доставки и монтажа крупногабаритных объемных блоков, обеспечивающие выполнение условий синхронизации их решений с определением организационно-технологических параметров по вариантам пессимистической, удовлетворительной и оптимистической оценок.

Степень достоверности результатов исследования.

Представленные в диссертации результаты исследований, выводы и заключение подтверждаются научной и нормативно-технической документацией, обобщением исследований зарубежных и отечественных специалистов, использованием данных производственных экспериментов, применением общепризнанных математических моделей, накопленной практикой разработки и принятия организационно-технологических решений в строительстве.

Апробация результатов исследования.

Основные результаты исследования докладывались на международных, российских и ведомственных научных конференциях и семинарах, в числе которых IV Республиканский научно-практический круглый стол (с международным участием) «Перспективы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики» 2022-2023, VI Международная научно-практическая конференция «Технологии, Организация и Управление в Строительстве – 2020» («Technology, Organization and Management in Construction», TOMiC-2020), Первая национальная конференция «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования» 2020, Национальная (Всероссийская) научно-практическая конференция «Разработка и применение наукоёмких технологий в эпоху глобальных трансформаций» 2021, VIII Международная научно-практическая конференция кафедр организационно-технологического профиля строительных вузов и технических университетов «Технологии, организация и управление в строительстве – 2022» (“Technology, Organization and Management in Construction 2022”, TOMiC–2022), Национальная научно-практической конференции с международным участием «Жильё и городская среда» 2022 г., на заседаниях секции «Технология и организация

строительства» научно-технического совета НИУ МГСУ.

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, выявлении особенностей перехода на возведение жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков, определении и оценке показателей продолжительности и трудоемкости возведения зданий, разработке методики и модели возведения зданий из крупногабаритных объемных блоков, формировании положений по увязке процессов доставки и монтажа крупногабаритных объемных блоков.

Публикации

Материалы диссертации достаточно полно изложены в 12 научных публикациях, из которых 6 работ опубликованы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень рецензируемых научных изданий), и одна работа опубликованы в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Содержание диссертации соответствует пунктам 2, 4, 8 паспорта научной специальности 2.1.7 Технология и организация строительства:

п.2. **Разработка конкурентоспособных новых и совершенствование существующих технологий и методов производства строительного-монтажных работ на основе применения высокопроизводительных средств механизации и автоматизации строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса зданий и сооружений. Разработка систем контроллинга и средств мониторинга организационно-технологических процессов.**

п.4. **Теоретические и экспериментальные исследования эффективности технологических процессов.** Выявление общих закономерностей реализации сложных инвестиционно-строительных проектов путем информационного моделирования и оптимизации организационно-технологических решений.

п.8. **Разработка принципов организации строительства сложных и уникальных объектов, развитие поточных методов, применение сетевых и других моделей, совершенствование методов календарного планирования.**

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, заключения, двух приложений и списка использованной литературы. Общий объем диссертации составляет 218 страниц, содержит 32 рисунка, 23 таблицы, 42 формулы, список литературы из 120 наименований и 7 приложений.

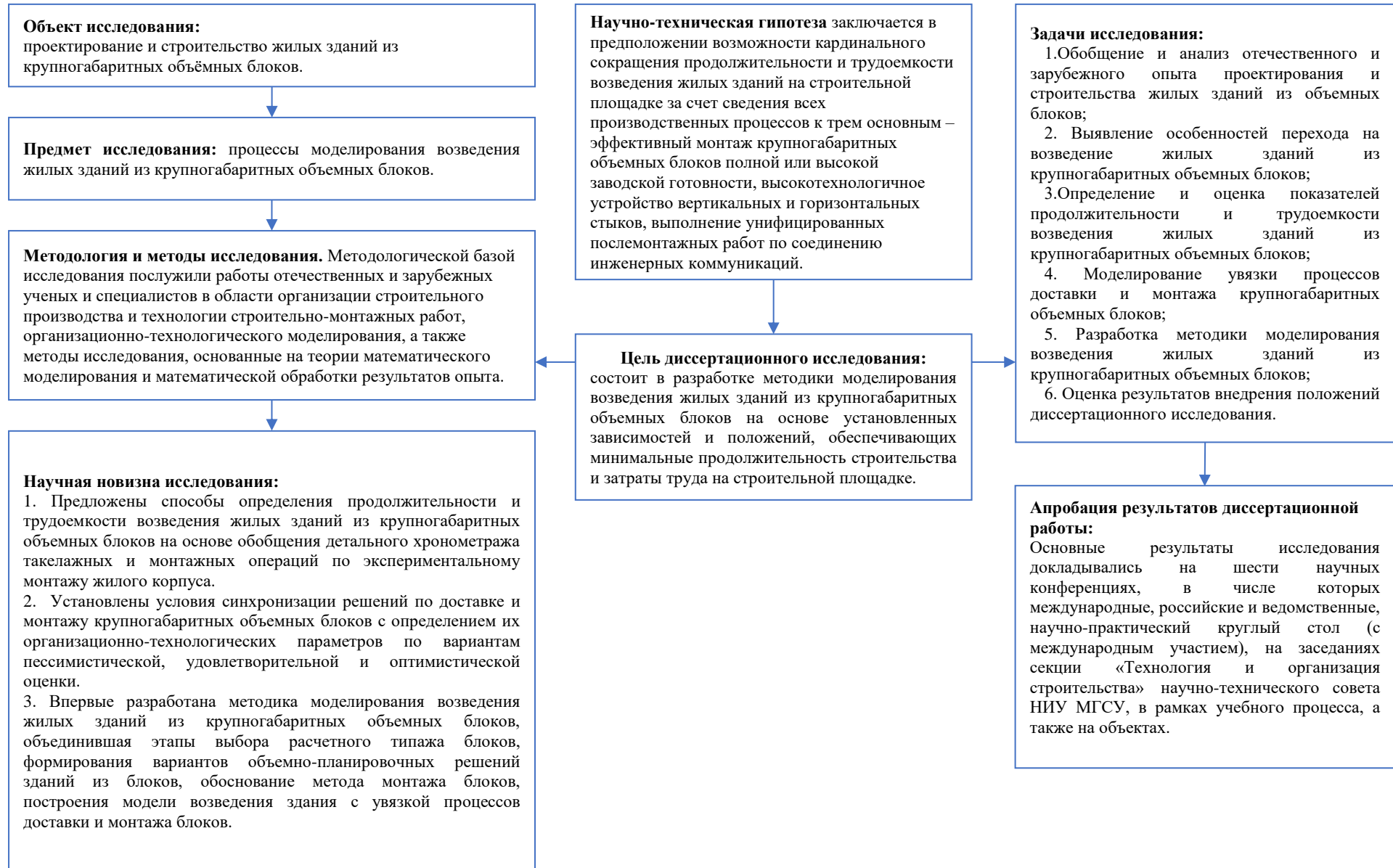


Рисунок 1. Методологическая схема исследования

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы. Сформулирована цель работы и основные задачи. Приведено краткое описание содержания глав диссертации.

Первая глава посвящена обобщению опыта проектирования и строительства жилых зданий из объёмных блоков.

В анализе направлений индустриального домостроения раскрыты периоды и основные направления индустриального домостроения. Основоположники объёмно-блочного домостроения (ОБД) Ладовский Н.А. и Караулов В.П. впервые запатентовали объёмные блоки в 1931 году. В 1961 году окончательно сформировано второе направление индустриального сборного домостроения – крупнопанельное домостроение (КПД). ОБД в период раннего развития уступило первенство КПД, в связи со сложностями технического характера – недостатком на тот момент соответствующего оборудования, сложности по перевозке объёмных блоков от места перевозки к месту монтажа и ограничение грузоподъёмных механизмов для монтажа объёмных блоков.

К настоящему времени жилые здания КПД 1 поколения (1961 г.) - 4 поколения (2015 г.) не соответствуют современным требованиям комфортности жилой среды. В соответствии с Постановлении Правительства Москвы № 305 от 21.05.2015 года началось проектирование типовых серий жилых зданий пятого индустриального поколения и в том числе в виде крупногабаритного объёмно-блочного домостроения.

Проанализирован и обобщён отечественный и зарубежный опыт возведения жилых зданий из объёмных блоков с указанием их основных организационно-технологических параметров.

Во второй главе проведено исследование параметров возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков.

Предварительно для исследования организационно – технологических параметров жилых зданий установлен типаж блоков и выбор объектов представителей объёмно-планировочных решений зданий, в виде отобранных пяти типов наиболее применяемых зданий с размещением крупногабаритных объёмных блоков (КГОб) (табл. 1).

Таблица 1. Расчётные типажу крупногабаритных объёмных блоков (фрагмент)

| Варианты веса модулей (номер модуля - вес модуля в т) | | | | | | | | | |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| В \ А | 15,0 | 14,7 | 14,4 | 14,1 | 13,8 | 13,5 | 13,2 | 12,9 | 12,6 |
| 6,5 | 1-65т | 2-63,7т | 3-62,4т | 4-61,1т | 5-59,8т | 6-58,5т | 7-57,2т | 8-55,9т | 9-54,6т |
| 6,4 | 29-64т | 30-62,7т | 31-61,4т | 32-60,2т | 33-58,9т | 34-57,6т | 35-56,3т | 36-55т | 37-53,8т |
| 6,3 | 57-63т | 58-61,7т | 59-60,5т | 60-59,2т | 61-58т | 62-56,7т | 63-55,4т | 64-54,2т | 65-52,9т |
| 6,2 | 85-62т | 86-60,8т | 87-59,5т | 88-58,3т | 89-57т | 90-55,8т | 91-54,6т | 92-53,3т | 93-52,1т |
| 6,1 | 113-61т | 114-59,8т | 115-58,6т | 116-57,3т | 117-56,1т | 118-54,9т | 119-53,7т | 120-52,5т | 121-51,2т |
| 6,0 | 141-60т | 142-58,8т | 143-57,6т | 144-56,4т | 145-55,2т | 146-54т | 147-52,8т | 148-51,6т | 149-50,4т |
| 5,9 | 169-59т | 170-57,8т | 171-56,6т | 172-55,5т | 173-54,3т | 174-53,1т | 175-51,9т | 176-50,7т | 177-49,6т |
| 5,8 | 197-58т | 198-56,8т | 199-55,7т | 200-54,5т | 201-53,4т | 202-52,2т | 203-51т | 204-49,9т | 205-48,7т |
| 5,7 | 225-57т | 226-55,9т | 227-54,7т | 228-53,6т | 229-52,4т | 230-51,3т | 231-50,2т | 232-49т | 233-47,9т |
| 5,6 | 253-56т | 254-54,9т | 255-53,8т | 256-52,6т | 257-51,5т | 258-50,4т | 259-49,3т | 260-48,2т | 261-47т |
| 5,5 | 281-55т | 282-53,9т | 283-52,8т | 284-51,7т | 285-50,6т | 286-49,5т | 287-48,4т | 288-47,3т | 289-46,2т |

Для создания объёмно-планировочных решений с раскладкой КГОб и вывода из списка номенклатурного набора типа здания из КГОб в двухмерное пространство с определением места соответствующего КГОб и занесение в чертёж здания в соответствующий графически изображённый блок его следующих характеристик: длины, ширины, высоты, веса и номенклатурного номера, разработана программа для ЭВМ «Формирование типажей крупногабаритных объёмных блоков».

Для каждого из типов зданий из КГОб разработана схема механизации монтажных работ с применением мобильного крана на спецшасси грузоподъёмностью 650 т. В качестве грузозахватного устройства была применена запатентованная автоматическая траверса¹. Определены необходимые стоянки и количество подъёмов КГОб. Такие данные сведены в единую исходную таблицу.

Как показал анализ, при выборе таких единичных монтажных кранов в силу их очень высокой стоимости следует руководствоваться не только их техническими параметрами грузоподъёмности, вылета стрелы и высоты подъема крюка, а также стоимости машино-смены, но и среднесуточным количеством смонтированных блоков. Показатель среднесуточное количество смонтированных блоков необходим для определения продолжительности монтажа крупногабаритных блоков и продолжительности эксплуатации монтажного крана на строительной площадке.

Для определения организационно-технологических параметров возведения жилого здания из КГОб ГК «МонАрх» проведён хронометраж монтажа корпуса в поселении Диснеевское деревни Яковлево в Новой Москве. Объект представлял собой четырехэтажное здание с размерами в плане 28,8 x 14,5 м. Объёмно-планировочные решения здания образуют поэтажно 7 блоков, из которых блоки Б1, Б2 и Б3 представлены в 2 экз., а блок Б4 в одном экземпляре, высота всех блоков равняется 3,5 м.

На основе данных хронометража предложены три оценки продолжительности возведения жилых зданий из КГОб – пессимистическая, удовлетворительная, оптимистическая (рис.2).

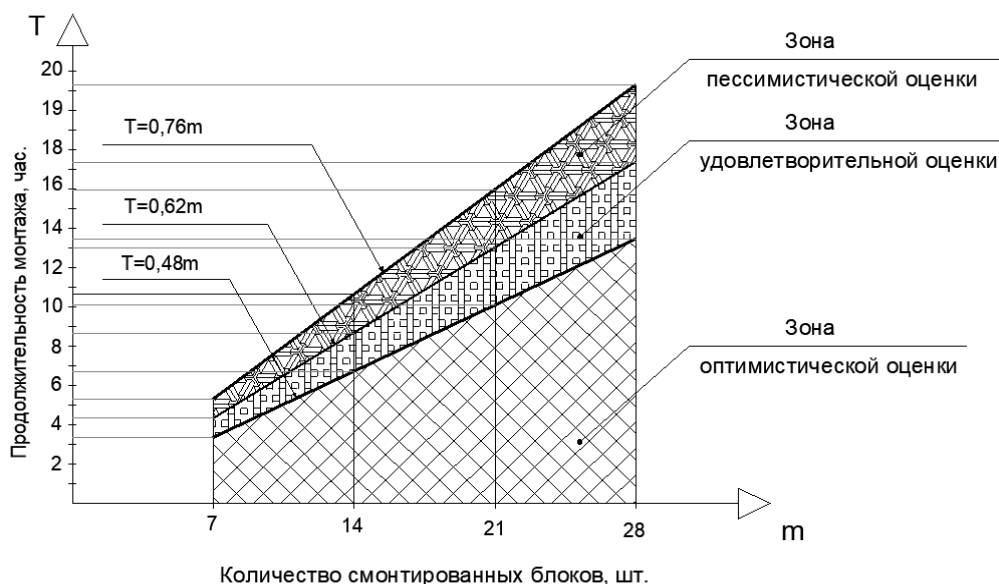


Рис. 2. Зависимость монтажа КГОб от их количества

¹ Патент № 2749677 РФ, МПК В66С 1/00. Автоматическая траверса : № 2020144159 : заявл. 31.12.2020 : опубл. 16.06.2021 / С. А. Амбарцумян, А. С. Мещеряков, Ю. С. Стоянчук, Е. В. Агарцев, Л.А. Пахомова; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Комбинат Инновационных Технологий-МонАрх».

Общая продолжительность пребывания монтажного крана на строительстве жилого дома из крупногабаритных объёмных блоков определяется в календарных днях по следующей формуле

$$T = t_{\text{п}} + t_{\text{н}} + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = t + \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (1)$$

где T – продолжительность пребывания монтажного крана на объекте, дн.;

$t_{\text{п}}$ – продолжительность монтажа подземной части здания, в днях;

$t_{\text{н}}$ – продолжительность монтажа соответственно надземной части здания, в днях;

В формуле (1) при неиспользовании данного монтажного крана при возведении подземной части принимается $t_{\text{п}} = 0$ и тогда $t = t_{\text{н}}$.

τ_1 – продолжительность монтажа и демонтажа крана, в днях;

τ_2 – продолжительность технического обслуживания и текущего ремонта крана, в днях;

τ_3 – потери времени в связи с неблагоприятными метеорологическими условиями, в днях;

τ_4 – выходные и праздничные дни, в днях.

Метод монтажа крупногабаритных объёмных блоков устанавливается на основе многовариантной проработки решений по организации монтажного процесса, выбору ведущих средств механизации и выполнению монтажных операций. Расположение и последовательность монтажа блоков указывается на поэтажных планах. При этом продолжительность монтажа КГОб определяется в зависимости от достигнутого технического уровня производства монтажных работ по одной из предложенных оценок – пессимистическая, удовлетворительная, оптимистическая.

| Стадия строительства | Номер этажа | Продолжительность работ, сут. | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------------------------|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
| | | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7-8 | 9-10 | 11-12 | 13-14 | 15-16 | 17-18 | | | | |
| Устройство кровли | | | | | | | | | | | | | | |
| Наземная часть здания | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | 1 | | | | | | | | | |
| | 6 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| | 5 | | 3 | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 3. Циклограмма поточного возведения односекционного прямоугольного здания из крупногабаритных объёмных блоков (1 – монтаж объёмных блоков, 2 - устройство стыков, 3 – соединение инженерных коммуникаций)

Последовательность монтажа КГОб по этажам и их параметры продолжительности целесообразно отрабатывать на циклограммах. На циклограмме по вертикальной оси указываются стадии выделения конструктивных частей зданий, этажи, а по горизонтали продолжительности работ. Параметры разворачивания и осуществления специализированных потоков по этажам (захваткам, участкам) определяются по вышеприведенным положениям, а технологическая последовательность и итоговые параметры продолжительности возведения здания находятся с помощью соответствующих технологических карт и построенной циклограмме (рис. 3).

Трудоемкость монтажа крупногабаритных объемных блоков включает суммарные трудовые затраты, связанные с выполнением монтажного процесса, и рекомендуется ее определять по формуле

$$G = (q_1 + q_2) \cdot k + q_3 + \sum_{d=1}^D q_{4d} \quad (2)$$

где G – трудоемкость монтажа блоков по возведению всего здания, чел.-ч;

q_1 – затраты труда на доставку крана на объект, чел.-ч;

q_2 – затраты труда машинистов и обслуживающих кран рабочих, чел.-ч;

q_3 – затраты труда монтажников на подготовку технологической оснастки, чел.-ч;

q_{4d} – затраты труда монтажников на установку блоков на d -ом этаже, чел.-ч;

k – количество кранов.

$d = 1, 2, 3, \dots, D$

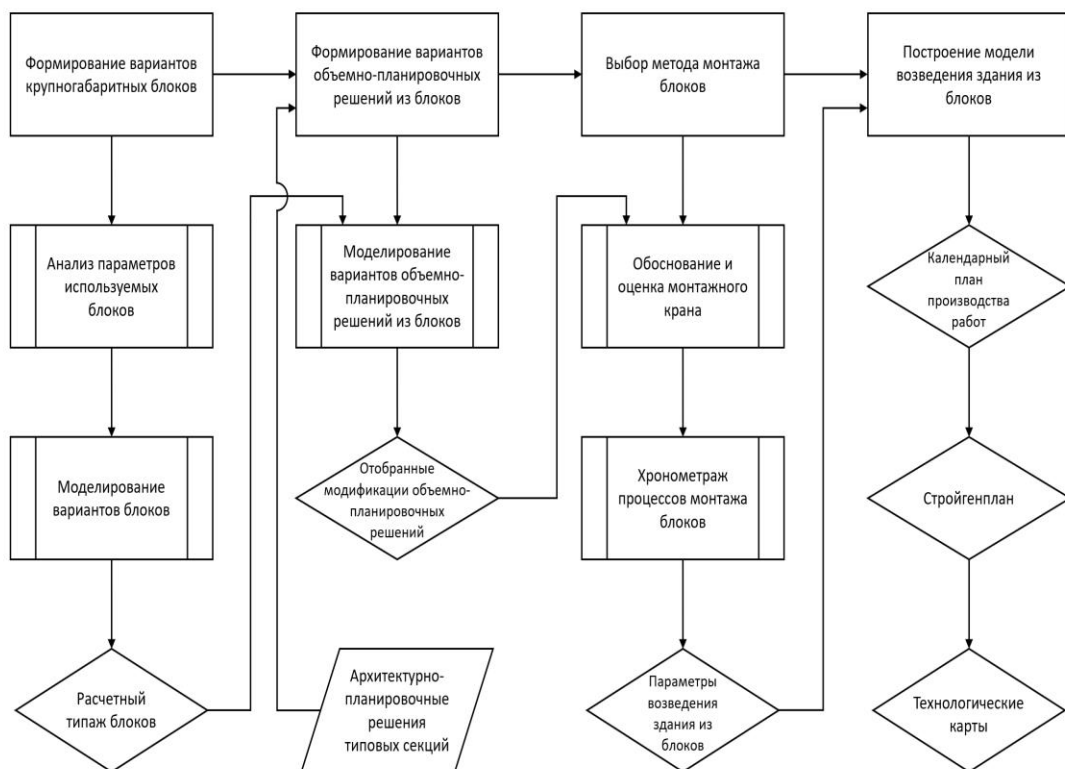


Рис. 4. Схема моделирования возведения жилого здания из крупногабаритных объемных блоков

Третья глава посвящена разработке методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков.

Выявлены следующие основные этапы методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков – выбор расчетного типажа крупногабаритных объёмных блоков, формирование вариантов объёмно-планировочных решений зданий из крупногабаритных объёмных блоков, выбор метода монтажа крупногабаритных объёмных блоков, построение модели возведения зданий из крупногабаритных объёмных блоков (рис.4).

Этап 1. Выбор расчетного типажа крупногабаритных объёмных блоков.

Для выбора расчётного типажа крупногабаритных объёмных блоков необходимо пошаговое формирование типажа КГОб.

Изменение габаритных параметров производится следующим образом: каждый из элементов таблицы на пересечении каждой j -ой строки и i -го столбца содержит характеристику блока в виде дроби, в числителе которой обозначен номер блока, а в знаменателе его вес (табл. 2).

Таблица 2. Расчетный типаж крупногабаритных объёмных блоков

| Ширина блоков, м | Длина блоков, м | | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|---------------------|
| | a_1 | a_2 | a_3 | ... | a_m |
| b_1 | $\frac{1}{Q_{11}}$ | $\frac{2}{Q_{12}}$ | $\frac{3}{Q_{13}}$ | | $\frac{m}{Q_{1m}}$ |
| b_2 | $\frac{n+1}{Q_{21}}$ | $\frac{n+2}{Q_{22}}$ | $\frac{n+3}{Q_{23}}$ | | $\frac{2m}{Q_{2m}}$ |
| b_3 | $\frac{2n+1}{Q_{31}}$ | $\frac{2n+2}{Q_{32}}$ | $\frac{2n+2}{Q_{32}}$ | | $\frac{3m}{Q_{3m}}$ |
| · | · | · | · | | · |
| · | · | · | · | | · |
| · | · | · | · | | · |
| b_n | $\frac{(m-1)n+1}{Q_{n1}}$ | $\frac{(m-1)n+2}{Q_{n2}}$ | $\frac{(m-1)n+3}{Q_{n3}}$ | | $\frac{nm}{Q_{nm}}$ |

Номер блока определяется по формуле:

$$N_{ij} = (i - 1)n + j \quad (3)$$

где N_{ij} – номер блока на пересечении i -ой строки и j -го столбца.

Вес блока устанавливается по соотношению

$$Q_{ij} = Q_{11} \cdot \frac{V_{ij}}{V_{11}} \quad (4)$$

где Q_{ij} – вес блока на пересечении i -ой строки и j -го столбца;

V_{ij} – объем блока на пересечении i -ой строки и j -го столбца.

Таким образом, по каждому крупногабаритному объемному блоку приводится полная его характеристика: номер блока в типаже, вес блока, габаритные размеры блока (длина, ширина, высота).

Этап 2. Формирование вариантов объемно-планировочных решений зданий из крупногабаритных объемных блоков.

Для формирования вариантов объемно-планировочных решений необходимы архитектурно-планировочные решения жилых зданий и их типовых секций. Каждая секция может иметь многовариантные объемно-планировочные решения размещения блоков (рис.5).

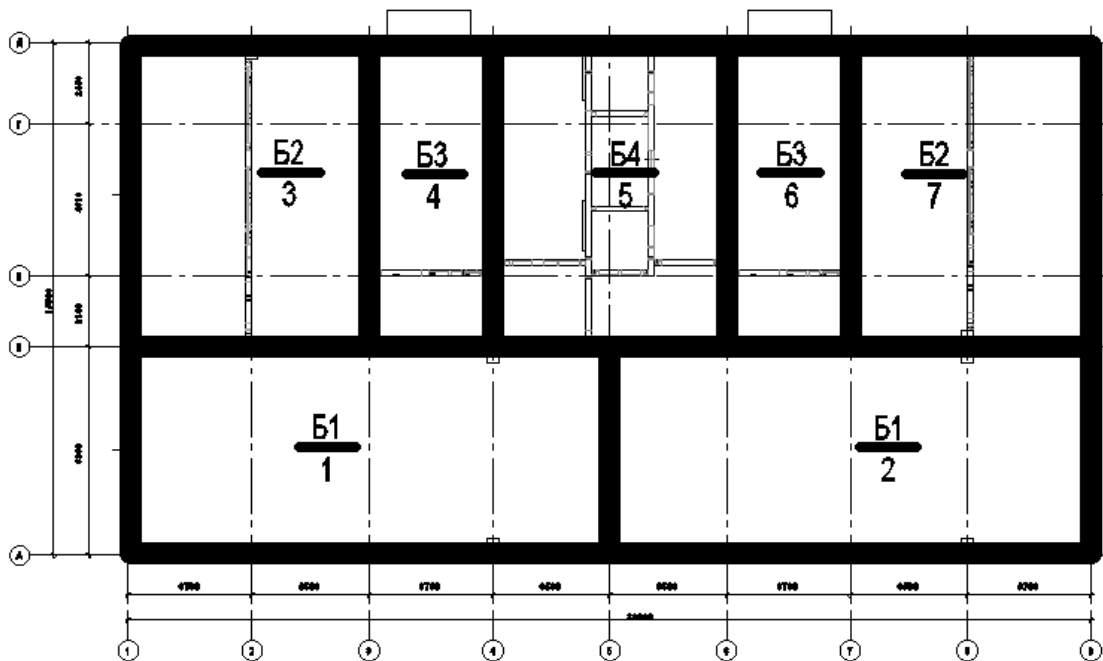


Рис. 5. Вариант схемы размещения крупногабаритных объемных блоков.

Этап 3. Выбор метода монтажа крупногабаритных объемных блоков.

Метод монтажа крупногабаритных объемных блоков устанавливается на основе многовариантной проработки решений в составе проекта организации строительства (ПОС) с последующей детальной разработкой в составе проекта производства работ (ППР). Основными составляющими метода монтажа являются – организация монтажного процесса, выбор ведущих средств механизации, решения по выполнению монтажных операций, структура управления монтажными операциями.

Метод монтажа крупногабаритных объемных блоков можно представить как

$$P = f(P^1, P^2, P^3, P^4) \quad (5)$$

При этом в свою очередь каждая из составляющих метода монтажа КГОб включает, как правило, множество элементов.

$$P_{ij}^1 = \{P_{11}^1, P_{12}^1, P_{13}^1, \dots, P_{32}^1\}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ij}^2 &= \{P_{11}^2, P_{12}^2, P_{21}^2, P_{22}^2, P_{31}^2\} \\
 P_{ij}^3 &= \{P_{11}^3, P_{12}^3, P_{21}^3, \dots, P_{53}^3\} \\
 P_{ij}^4 &= \{P_{11}^4, P_{12}^4, P_{13}^4, \dots, P_{23}^4\}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

где P^1, P^2, P^3, P^4 – составляющие метода монтажа КГОб, соответственно по организации, механизации, выполнению и управлению монтажными операциями.

В тоже время для возведения жилых зданий из КГОб выбор ведущего монтажного крана, как правило, не является конкурентным в силу небольшого выбора имеющихся их типов и типоразмеров.

В силу уникальности и высокой стоимости монтажных кранов появляется необходимость, кроме монтажных показателей – грузоподъемности, высоты подъема крюка, вылета стрелы и экономического показателя – стоимости маш.-смены определён ещё один показатель – среднесуточное количество смонтированных блоков.

Этап 4. Построение модели возведения здания из крупногабаритных объёмных блоков.

Построение модели возведения зданий из крупногабаритных объёмных блоков осуществляется с учётом особенностей возведения зданий из КГОб. Монтаж объёмных блоков является ведущим процессом при возведении здания, ритм выполнения которого определяет всю систему организационно-технологических параметров. Работы по возведению здания следует вести специализированными потоками в составе трех частных потоков строго по захваткам. Специализированный поток должен состоять трёх частных потоков – монтаж объёмных блоков, устройство вертикальных и горизонтальных стыков, выполнение послемотажных работ по соединению инженерных коммуникаций (рис. 6).

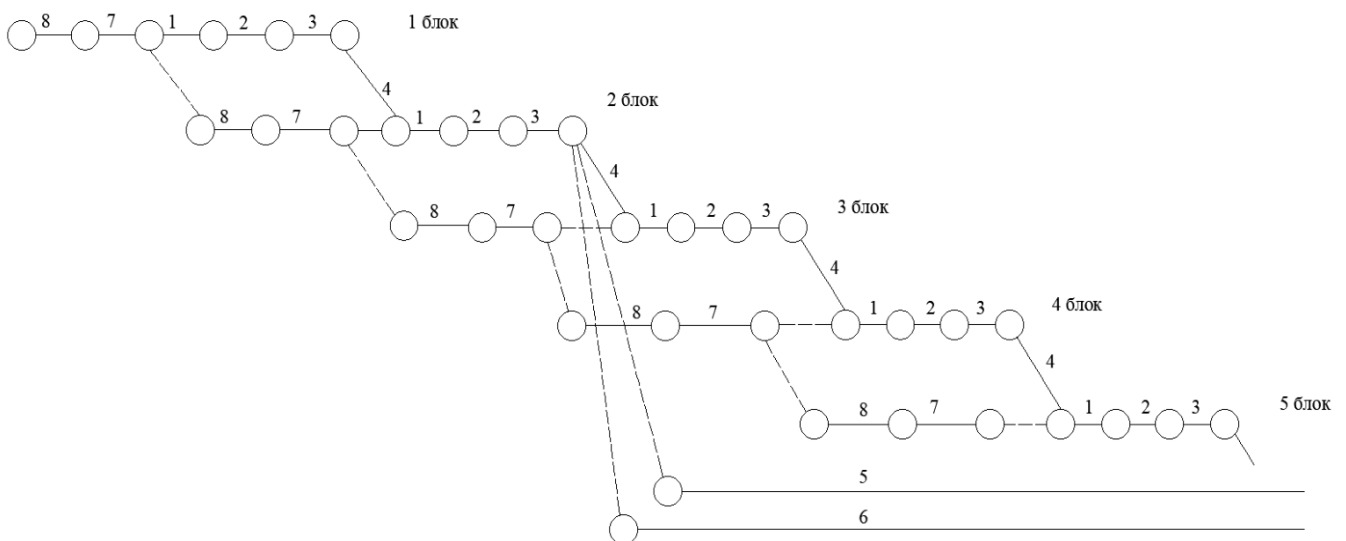


Рис. 6. Фрагмент сетевой модели укрупнённой топологии доставки и монтажа крупногабаритных объёмных блоков 1-го этажа односекционного жилого дома.

(1 – строповка блока, 2 – подъем и подача к месту установки; 3 – установка в проектное положение; 4 – расстроповка и поворот стрелы к следующему блоку; 5 – устройство стыков; 6 – соединение инженерных сетей; 7 – снятие упаковочной пленки и подготовка к монтажу; 8 – подача грузовой платформы с блоком под разгрузку)

Монтаж крупногабаритных объёмных блоков при возведении зданий целесообразно вести с транспортных средств. Этот метод предусматривает доставку всех крупногабаритных объёмных блоков на строительную площадку по часовому графику в строгой технологической последовательности с разгрузкой с транспортных средств монтажным краном и непосредственной их установкой в исходное проектное положение. Основу метода составляет обоснованный принудительный ритм транспортно-монтажного конвейера возведения зданий. В основу метода монтажа зданий с транспортных средств заложена увязка процессов доставки и монтажа крупногабаритных объёмных блоков. При этом ведущим процессом является монтаж блоков и его ритм определяет интенсивность всех вспомогательных процессов. В свою очередь параметры монтажа КГОб зависят как от конструктивно-технологических решений зданий, так и от типов (марок) используемых транспортно-монтажных средств.

Начало использования транспортного средства для своевременной доставки первого блока на строительную площадку равняется

$$\tau_1^p = t_1^H - (\tau_1^1 + \tau_1^2) = t_1^H - \left(\tau_1^1 + \frac{l}{v} \right) \quad (7)$$

где τ_1^p – начало использования транспортного средства для своевременной доставки первого блока на строительную площадку, ч;

t_1^H – начало монтажа первого блока, ч.

Продолжительность монтажа первого блока составит

$$t_1 = \tau_1^3 + t_1^1 + t_1^2 \quad (8)$$

где t_1 – продолжительность монтажа первого блока, ч;

t_1^1 – продолжительность установки первого блока в проектное положение, ч;

t_1^2 – продолжительность расстроповки первого блока и движение стрелы к следующему блоку, ч.

Начало использования транспортного средства для своевременной доставки k -го блока на строительную площадку можно определить по формуле

$$\tau_2^p = t_2^H - (\tau_2^1 + \tau_2^2) = t_2^H - \left(\tau_2^1 + \frac{l}{v} \right) \quad (9)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, k, \dots, m$$

где τ_k^p – начало использования транспортного средства для своевременно доставки k -го блока на строительную площадку, ч;

t_i – продолжительность монтажа i -го блока, ч.

Необходимое количество транспортных средств (тягача, грузовой платформы) находится как отношение продолжительности полного транспортного цикла доставки блока к продолжительности монтажа блока, т.е.

$$n = \frac{\tau_i^c}{t_i} = \frac{\tau_i^1 + \frac{2l}{v} + \tau_i^3}{\tau_i^3 + t_1^1 + t_i^2} = \frac{(\tau_i^1 + \tau_i^3)v + 2l}{(\tau_i^3 + t_1^1 + t_i^2)v} \quad (10)$$

Численный состав рабочих бригад устанавливается по формуле

$$R_i = \frac{Q_i}{K_i \cdot f \cdot t} \quad (11)$$

где R_i – численность рабочих i -ой профессии, чел.;

Q_i – трудоемкость работ, выполняемых рабочими i -ой профессии, чел. ч;

K – планируемый уровень выполнения норм выработки рабочими бригадами;

f – продолжительность выполнения комплекса работ, смена;

t – продолжительность рабочей смены, ч.

Исходя из опыта возведения зданий из объемных блоков, рекомендуется следующий состав монтажной бригады, приведенный в табл. 3.

Таблица 3. Состав монтажной бригады по возведению зданий из крупногабаритных объёмных блоков

| Наименование процесса | Специальность | Численность |
|--|---|-------------|
| Монтаж крупногабаритных объёмных блоков | Монтажник – 6 р. | 1 |
| | Монтажник – 4 р. | 2 |
| | Монтажник – 3 р. | 2 |
| | Такелажник – 5 р. | 1 |
| | Такелажник – 3 р. | 1 |
| Устройство стыков и герметизация швов, устройство кровли | Монтажник – 4р. | 2 |
| | Изолировщик – 5р. | 1 |
| | Изолировщик-3р. | 1 |
| | Гидроизолировщик – 4 р. | 1 |
| Соединение инженерных сетей | Монтажник по внутренним санитарно-техническим системам – 5 р. | 1 |
| | Монтажник по внутренним санитарно-техническим системам – 3 р. | 1 |
| | Электромонтажник – 5 р. | 1 |
| | Электромонтажник – 3 р. | 1 |
| Итого | | 16 |

Четвертая глава посвящена внедрению результатов исследования:

1. Внедрение результатов осуществлено при разработке ПОС «Застройка экспериментального жилого микрорайона с жилыми домами переменной этажности» по адресу: г. Москва, поселение Десеновское в районе д. Яковлево (объект внедрения).

При расчёте в ПОС 1 этапа экспериментальной застройки сокращение продолжительности монтажа составило 27%.

При расчете продолжительности монтажа надземных частей здания всей экспериментальной застройки, состоящей из 12 жилых зданий, составило уменьшение продолжительности монтажа зданий с учётом оценок методики:

- «пессимистической» - 92,5 %;
- «удовлетворительной» - 94 %;
- «оптимистической» - 95,3 %.

2. Внедрение методики выполнено при разработке Проекта производства работ (ППР) ГК «МонАрх» на объекте внедрения.

С использованием методики был разработан Проект Производства Работ (ППР) на строительство 4-этажного жилого здания из крупногабаритных объёмных блоков на объекте внедрения. Количество смонтированных крупногабаритных объёмных блоков составило 28 шт. Блоки смонтированы поэтажно – 7 блоков этаж. Крыша смонтирована из плит покрытия. Технологическая последовательность монтажа учтена и зависит от расположения блоков в здании. Здание смонтировано было мобильным краном на спецшасси Liebherr 1650 LTM. Время монтажа составило 17 часов 20 минут.

По пессимистической оценке, сокращение сроков монтажа корпуса № 5 составило 94,1 %. По удовлетворительной оценке, сокращение сроков монтажа корпуса № 5 составило 95,2 %. По оптимистической оценке, сокращение сроков монтажа корпуса № 5 составило 96,2 %.

При строительстве надземной части здания применялся мобильный и уникальный кран на спецшасси Liebherr 1650 LTM. Продолжительность монтажа надземной части здания корпуса № 5 (количество монтируемых блоков – 28шт.) $t_n = 17,3$ час.

Продолжительность пребывания крана на объекте во время возведения 12 корпусов экспериментальной застройки составило $T = 24,15$ дней.

При внедрении была использована запатентованная автором (в соавторстве) грузозахватная автоматическая траверса (Патент № 2749677 Р Ф).

3. Разработанная в диссертации программа для ЭВМ «Формирование типажей крупногабаритных объёмных блоков» (свидетельство № 2023680642) была успешно внедрена при формировании типажей КГОб.

4. Материалы методики моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков, внедрены в учебный процесс в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» («НИУ МГСУ») на кафедре «Технологий и организации строительного производства» («ТОСП»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возведение жилых зданий из крупногабаритных объёмных блоков является высокоиндустриальным современным направлением воспроизводства жилищного фонда, позволяющим кардинально сократить продолжительность и трудоемкость строительно-монтажных работ в строительном производстве за счет переноса

основного их объема в сферу промышленного производства. В результате строительное производство превращается в непрерывный технологичный конвейер промышленной сборки зданий из блоков высокой или полной заводской готовности.

В диссертации доказана необходимость уже на начальном пионерном этапе перехода на крупногабаритное объемно - блочное строительство системно решать весь комплекс организационно-технологических решений, включая установление расчетного типажа блоков, разработку опорных вариантов размещения блоков в архитектурно-планировочных решениях зданий, выбор методов монтажа блоков в увязке с их доставкой, формирование структуры специализированных потоков и состава и загрузки рабочих бригад.

По результатам проведенного исследования сформулированы следующие выводы:

1. В результате анализа отечественной и зарубежной практики возведения жилых зданий из объемных блоков установлено, что в настоящее время отсутствуют отработанные организационно-технологические решения применительно к использованию крупногабаритных объемных блоков, а применяемые подходы, методы и положения по возведению одиночных жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков базируются на интуиции и опыте использования малогабаритных объемных блоков и мобильных (инвентарных) зданий. В этой связи особенно проблемным является поиск таких организационно-технологических решений, которые обеспечили бы минимальную продолжительность и трудоемкость строительства при ограниченной структуре строительно-монтажных работ на строительной площадке и постоянным ростом их уровня механизации и автоматизации.

2. Разработаны количественные оценки продолжительности возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков на строительной площадке, позволяющие проектировать, планировать и организовывать производство работ в зависимости от условий и достигнутого технического уровня. Такие оценки получены в результате хронометража экспериментального строительства и подразделены на пессимистические, удовлетворительные и оптимистические. По мере накопления информации данные оценки могут служить прогнозным ориентиром для дальнейшего решения научных и практических задач.

3. Предложен подход моделирования типажа крупногабаритных объемных блоков путем пошагового изменения их габаритных и весовых параметров с построением таблицы-матрицы, из которой формируются схемы размещения блоков в архитектурно-планировочных решениях жилых зданий. Для этого отобрано пять наиболее характерных схем размещения блоков в квадратной, прямоугольной, Г, П и □ - образной секциях, из которых могут группироваться большинство жилых зданий любой конфигурации и их комплексов.

4. Установлены условия синхронизации решений по доставке и монтажу крупногабаритных объемных блоков и разработан порядок увязки транспортных и монтажных процессов в календарных планах с определением временных параметров своевременной погрузки и доставки блоков на строительную площадку, начала и окончания их монтажа, а также количество транспортных средств (тягачей,

грузовых платформ) при использовании маятниковой и челночной способов доставки строительных грузов.

5. Разработана методика моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков, которая позволяет:

- создать единую платформу формирования системы принятия организационно-технологических решений при промышленном возведении жилых зданий и их комплексов, базирующиеся на выявленных условиях преемственности и взаимодействия проектных, транспортных и монтажных процессов;

- рассматривать процессы возведения жилых зданий на строительной площадке в виде упрощенной модели специализированного потока, включающего три частных потока – монтаж блоков, устройство вертикальных и горизонтальных стыков и герметизация швов, выполнение послемотажных работ по соединению инженерных коммуникаций.

6. Раскрыты содержание и формы представления основных организационно-технологических документов, описывающих механизм и последовательность возведения жилого здания из крупногабаритных объемных блоков при разработке ПОС и ППР – топология доставки и монтажа блоков, циклограмма поточного возведения здания, почасовой график доставки блоков на строительную площадку, почасовой график монтажа блоков, монтажный план этажа с указанием последовательности их установки, комплектовочные ведомости поставки блоков, сборных элементов и деталей.

7. Результаты исследования по расчету типажей крупногабаритных объемных блоков, составлению опорных вариантов размещения блоков в архитектурно-планировочных решениях зданий, увязке процессов доставки и монтажа блоков, формированию структуры специализированных потоков, определению состава и загрузки рабочих бригад позволяют автоматизировать весь порядок моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков и их комплексов с привязкой под реальные производственные и природно-климатические условия.

8. Основные положения диссертации внедрены при разработке ПОС и ППР «Застройка экспериментального микрорайона с жилыми домами переменной этажности по адресу г. Москва, поселение Десеновское в районе дер. Яковлево». В результате продолжительность монтажа четырехэтажного корпуса с размерами в плане 28,8 x 15,5 м составила 17,3 часа.

9. Выполнено внедрение результатов исследования в учебный процесс ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) на кафедре «Технологий и организации строительного производства».

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы связаны с исследованиями взаимодействия разработки организационно-технологических решений и моделирования возведения жилых зданий из крупногабаритных объемных блоков на основе создания многоуровневой типовой инновационной системы управления инвестиционно-строительными проектами, построенной на единых цифровых технологиях для всех участников реализации проекта.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук:

1. Пахомова Л. А. Комфортное жилье нового индустриального поколения / Л. А. Пахомова, П. П. Олейник // Строительное производство. – 2020. – №2. – С. 23-28.

2. Пахомова Л. А. О подготовке и эксплуатации траверс для перемещения крупногабаритных объемных блоков / Л. А. Пахомова, В. П. Горбачевский // Строительное производство. – 2021. – №1. – С. 39-47.

3. Пахомова Л. А. Аспекты организации проектирования для крупномодульного домостроения / Л. А. Пахомова, А. С. Мещеряков // Системные технологии. – 2022. – №1(42). – С. 15-21.

4. Pakhomova L.A. Definition of organizational and technological parameters for residential buildings of large-sized volumetric blocks / P.P. Oleynik, L.A. Pakhomova // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – No.4. – P. 55-59.

5. Pakhomova L.A. Modeling the residential buildings erection of large-sized blocks / P.P. Oleynik, L.A. Pakhomova // Vestnik MGSU. – 2023. – Vol. 18, No. 3. – P. 463-470.

6. Пахомова Л. А. Формирование расчетных показателей возведения жилых зданий из крупногабаритных блоков / П. П. Олейник, Л. А. Пахомова // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 8. – С. 92-99.

Статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus:

7. Pakhomova L. A new stage in the development of housing construction / P. Oleynik, L. Pakhomova // E3S Web of Conferences – 2021. – № 09060 – P. 8. DOI 10.1051/e3sconf/202125809060

Статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях:

8. Пахомова Л. А. Условия рациональной загрузки работников мобильных формирований / П. П. Олейник, Л. А. Пахомова // Разработка и применение наукоёмких технологий в эпоху глобальных трансформаций: Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Челябинск, 22.10. 2021 г. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2021. – С. 6-12.

9. Пахомова Л. А. Опыт строительства жилых зданий из объёмных модулей и перспективы организации строительства крупномодульного домостроения / Л. А. Пахомова, П. П. Олейник // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: Сборник докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 349-352.

10. Пахомова Л. А. Индустриальное крупномодульное домостроение - перспектива восстановления Донецкой Народной Республики / П. П. Олейник, Л. А. Пахомова // Перспективы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики: Сборник тезисов

докладов IV Республиканского научно-практического круглого стола (с международным участием), 24 марта 2023 года - Макеевка: ДОННАСА, 2023. – С. 29–32.

Патенты (свидетельства) на авторские изобретения, зарегистрированные в порядке, установленном законодательством Российской Федерации:

11. Патент № 2749677 Российская Федерация, МПК В66С 1/00 (2006.01). Автоматическая траверса : № 2020144159 : заявл. 31.12.2020 : опубл. 16.06.2021 / Амбарцумян С. А., Мещеряков А. С., Стоянчук Ю. С., Агарцев Е. В., Пахомова Л. А.; заявитель ООО «Комбинат Инновационных Технологий-МонАрх» - 10 с.

12. Программа формирования типажей крупногабаритных объёмных: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2023680642 / Малеин М. М., Сираев Р. Р., Перфильев И. Д., Пахомова Л. А.; заявитель и правообладатель ООО «Бюро Параметрика». Заявка № 2023661771, заявл. 06.06.2023; опубл. 04.10.2023. – 1 с.