

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Архитектурно-строительный институт

---

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

---

(наименование)

08.04.01 «Строительство»

---

(код и наименование направления подготовки)

Технология строительного производства

---

(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Оптимизация организационно-технологических процессов при  
возведении высотных зданий на основе ситуационного подхода

---

Студент

Э.Т. Яббарова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

д.э.н., к.т.н., профессор А.А. Руденко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
1 Теоретические аспекты высотного строительства в современных условиях .....	10
1.1 Характеристики и особенности возведения высотных зданий в современных условиях .....	10
1.2 Анализ видов и способов организационно-технологического планирования.....	35
1.3 Современные подходы в организации строительства высотных зданий .....	40
1.4 Календарный план как вид организационно-технологического планирования и объект ситуационного анализа. Классификация видов календарного плана .....	42
2 Исследование и анализ календарных планов как элемента организационно-технологического планирования при возведении высотных зданий .....	58
2.1 Анализ и моделирование организационно-технологических мероприятий при календарном планировании. Дополнение классификации календарных планов в строительстве .....	58
2.2 Оценка наиболее значимых факторов, влияющих на качество календарного планирования при возведении зданий .....	70
2.3 Разработке методики корректировки календарного плана возведения высотных зданий на основе ситуационного подхода .....	81
3 Разработка проекта оптимизации строительного производства .....	83
3.1 Выбор и обоснование объектов капитального строительства. Характеристики возводимых объектов .....	83
3.2 Календарное планирование нормализованными методами .....	96
3.3 Разработка решений по оптимизации календарного планирования при возведении высотного жилого комплекса. Анализ и моделирование	

организационно-технологических мероприятий при календарном планировании для заданных объектов .....	107
Заключение.....	127
Список используемых источников.....	130
Приложение А. ....	148

## **Введение**

Актуальность и научная значимость настоящего исследования. Высотное строительство является в настоящее время уникальными как с точки зрения конструкций, так и с технологий возведения здания, а также эксплуатации и обеспечения их безопасности. При этом в условиях высокой плотности застройки характерной для «больших» городов, часто строительство высотных зданий является единственным возможным вариантом решения проблем архитектурной и технико-экономической привлекательности здания.

Существующие методики организационно-технологического планирования позволяют разработать эффективные планы. Вместе с тем фактические условия и факторы производства работ зачастую не позволяют осуществлять строительное производство в соответствии с плановыми показателями, что в итоге приводит к их несоответствию с фактическими результатами строительства. Для исключения указанного, требуется постоянный мониторинг, анализ и корректировка разработанных ранее планов, то есть реализация процесса корректировки планов на основе ситуационного подхода.

С каждым годом растет востребованность и популярность высотного строительства с применением соответствующих методов и организационно-технологических мероприятий.

В мире, и с недавнего времени в России, построено много высотных зданий, этот участок рынка недвижимости является всё время развивающимся и недостаточно изученным. Исходя, из этого не существует в достаточной мере подробных рекомендаций по оптимизации календарного планирования строительства высотных зданий на основе ситуационного подхода.

Высотное строительство в сегодняшнее время – сложный комплексный процесс, который включает в себя изыскательские, проектные, организационные, строительные-монтажные и другие виды работы,

координацию действий множества вовлечённых в строительный процесс участников, оперативное решение проблем, вызванных действием непредвиденных факторов и обстоятельств и пр. Возведение таких объектов осуществляется в условиях жесткой конкуренции и находится под воздействием различных внешних и внутренних неблагоприятных факторов.

Для того, чтобы успешно осуществлять на рынке свою деятельность, застройщики должны применять в работе наиболее эффективные строительные методы и технологии производства работ, а также стройку организовывать таким образом, чтобы в заданные сроки обеспечить реализацию строительного проекта, в рамках установленного бюджета с нормативным/проектным качеством, что не всегда, получается, достичь при осуществлении крупных строительных проектов, к которым относятся высотные здания. В результате возникают нарушения контрактных сроков, стоимости и качества выполнения работ.

Поэтому разработка эффективней системы обеспечения календарного планирования строительства высотных зданий на основе ситуационного подхода является актуальной научной задачей, от решения которой во многим зависят как эффективность значительных вложений в проекты высотных зданий, так и технико-экономические показатели построенных и введенных в эксплуатацию объектов. Таким образом, актуальность темы связано с тем, что оптимизация календарного планирования при возведении высотных зданий, позволит существенным образом снизить трудоемкость строительства, повысить качество конструктивно-технологических решений, улучшить стоимостные показатели и сроки строительства.

По этой причине, представленная тема диссертационного исследования будет являться актуальной и необходимой для специалистов в области строительства.

Объектом исследования в магистерской диссертации являются высотные здания, возведенные на основе ситуационного подхода.

Предметом исследования диссертационной работы является процесс оптимизация календарных планов, как вида организационно-технологических процессов при возведении высотных зданий на основе ситуационного подхода.

Целью исследований является разработка предложений по оптимизации календарного планирования при возведении высотных зданий на основе ситуационного подхода.

Гипотеза исследования, состоит в том, что при влиянии многофакторных строительно-технологических процессов на периоды возведения строительных объектов, возможно, их нарушение, вследствие чего необходим поиск методов оптимизации календарного планирования с использованием современных подходов по объединению строительных потоков с учётом ситуационного подхода в отношении строительства типовых высотных объектов жилого назначения, что позволит добиться:

- сокращения сроков строительства;
- обеспечение поточного контроля строительного производства на уровне продолжительности комплекса строительных процессов;
- исключить периоды простоя и нецелесообразного использования привлекаемы строительного персонала, оборудования и механизмов;
- повысить технико-экономическую составляющую строительного производства при возведении комплекса типовых высотных зданий.

В соответствии с целью исследования в рамках работы решаются следующие задачи:

1. Рассмотрение характеристики и особенностей возведения высотных зданий в современных условиях, видов и способов организационно-технологического планирования их строительства.
2. Рассмотрение современных подходов в организации строительства высотных зданий
3. Предложения по оптимизации процесса разработки календарного плана на возведение зданий на основе ситуационного подхода

4. Предложения по диспетчеризации и корректировке календарных планов на основе ситуационного подхода с разработкой методики его корректировки.

5. Оценка эффективности предлагаемых организационно-технологических мероприятий.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

– нормативно-техническая, нормативно-правовая и прочая регламентная документация, посредством применения которой осуществляется регуляция методов планирования и поточного контроля строительного производства;

– техническая документация, публикации, данные открытых источников в ключе направления исследований, реализуемых в рамках магистерской диссертации.

Базовыми для настоящего исследования явились также основные положения календарного планирования и нормируемые параметры периодов строительных процессов, принятых на федеральном уровне.

Методы исследования – анализ, синтез, экспертный анализ, графическое моделирование.

Опытно-экспериментальная база исследования – исследование процессов календарного планирование, проектного производства и реализации инженерно-строительных процессов при реализации возведения комплекса высотных объектов жилого назначения.

Научная новизна работы заключается в разработке методики корректировки календарного плана возведение высотных зданий на основе ситуационного подхода.

Теоретическая значимость исследования заключается в сборе, систематизации и анализе разрозненных данных относительно направления исследований с корреляцией относительно натурного обследования реализации строительно-монтажного производства при реализации возведения комплекса высотных объектов жилого назначения.

Практическая значимость работы заключается в комплексном характере научных разработок и возможности обеспечить путем их внедрения на производстве оптимизацию календарного планирования строительства высотных зданий в современных рыночных условиях.

Достоверность результатов магистерской диссертации подтверждена материалами проведенных исследований, наличием факто логического информационного материала и его аналитической обработкой.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в формировании концепции исследования, формировании численно-модельного представления технологии объединения строительных процессов для получения оптимальных решений в организации строительно-монтажного производства при возведении высотных объектов жилого назначения.

На защиту выносятся:

1. Анализ характеристик и особенностей возведения высотных зданий в современных условиях, видов и способов организационно-технологического планирования их строительства.

2. Анализ современных подходов в организации строительства высотных зданий.

3. Предложения по оптимизации процесса разработки календарного плана на возведения зданий на основе ситуационного подхода

4. Предложения по диспетчеризации и корректировке календарных планов высотных зданий на основе ситуационного подхода с разработкой методики его корректировки.

5. Оценка эффективности предлагаемых организационно-технологических мероприятий.

Основные результаты исследования представлены в следующих публикациях

1. Яббарова Э. Т. Оптимизация календарного планирования при возведении высотных зданий / Э. Т. Яббарова // Наука и образование: новое



время. – 2020. – № 3. – С. 6. – Электронная версия печатной публикации – <https://articulus-info.ru/category/nauka-i-obrazovanie-novoye-vremya/?tag=3-maj-iyun-2020-g>

2. Яббарова Э. Т. Факторы, влияющие на надёжность календарного плана / Э. Т. Яббарова // Наука и образование: новое время. – 2021. – № 3. – С. 6. – Электронная версия печатной публикации – <https://articulus-info.ru/category/05-00-00-tehnicheskie-nauki/?tag=3-maj-iyun-2021-g>

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав (разделов), заключения, содержит 79 рисунков, 23 таблиц, список используемой литературы (114 источников). Основной текст работы изложен на 144 страницах.

# **1 Теоретические аспекты высотного строительства в современных условиях**

## **1.1 Характеристики и особенности возведения высотных зданий в современных условиях**

Строительная отрасль Российской Федерации – динамически развивающийся технико-экономический комплекс, в значительной степени влияющий на социально-экономические условия благоустройства хозяйственной и жизнедеятельности населения страны. Федеральный орган государственной статистики – Росстат фиксирует следующие ключевые показатели отрасли в динамике десятилетнего периода (2010 – 2020 гг.) по медианному срезу (для всей территории РФ) [1, 2]:

– прирост ввода зданий жилого назначения за исследуемый период составил: 31,6 % по количественному показателю (2010 г. – 217,2 тыс. шт.; 2020 г. – 285,8 тыс. шт.); 48,9 % по показателю строительного объема (2010 г. – 280,8 млн. м<sup>3</sup>; 2020 г. – 418,1 млн. м<sup>3</sup>); 53,9 % по показателю площади застройки (2010 г. – 72,5 млн. м<sup>2</sup>; 2020 г. – 111,6 млн. м<sup>2</sup>);

– прирост ввода зданий нежилого назначения (в том числе промышленного, административного, коммерческого, пр.) за исследуемый период составил: 22,4 % по количественному показателю (2010 г. – 16,1 тыс. шт.; 2020 г. – 19,7 тыс. шт.); 63,9 % по показателю строительного объема (2010 г. – 142,8 млн. м<sup>3</sup>; 2020 г. – 234,1 млн. м<sup>3</sup>); 55,3 % по показателю площади застройки (2010 г. – 22,6 млн. м<sup>2</sup>; 2020 г. – 35,1 млн. м<sup>2</sup>);

– прирост в удельном показателе стоимости электроэнергии (на 100 кВт×ч) за исследуемый период составил – 72,7 % (2010 г. – 232,1 руб./100 кВт×ч; 2020 г. – 400,64 руб./100 кВт×ч). Прирост в показателе удельной стоимости природного газа (на 1 чел.) за исследуемый период составил – 77,9

% (2010 г. – 43,8 руб./чел.×мес.; 2020 г. – 77,94 руб./чел.×мес.); прирост стоимости единицы тепловой энергии для отопления за исследуемый период составил – 9,2 % (2010 г. – 1735,87 руб./Гкал; 2020 г. – 1895,33 руб./Гкал);

– прирост населения Российской Федерации в исследуемом периоде составил 2,7 % (2010 г. – 142,9 млн. чел.; 2020 г. – 146,7 млн. чел.).

Обозначенные статистические показатели указывают на формирование предпосылок к развитию высотного строительства, что выражается в следующей динамике этажности объектов жилого назначения по параметру строительной площади в динамике десятилетнего периода (2010 – 2020 гг.) по медианному срезу (для всей территории РФ) [1, 2] (рисунки 1, 2).

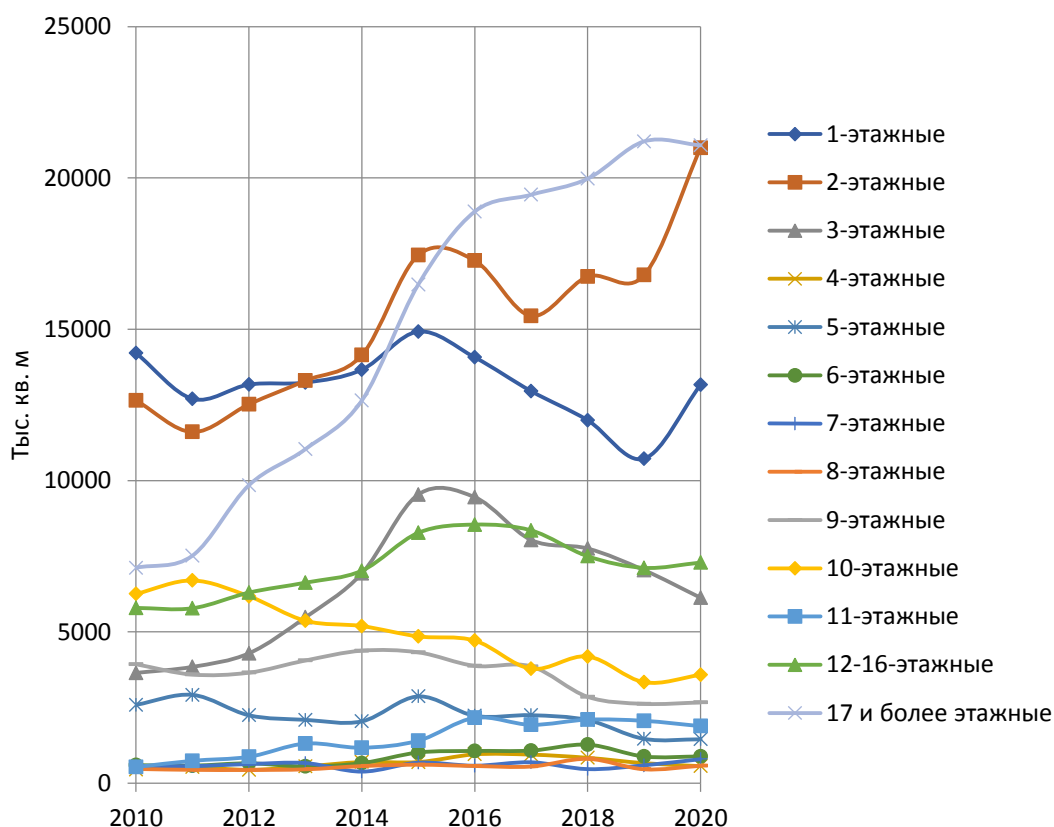


Рисунок 1 – Динамика ввода объектов жилого назначения по параметру этажности и строительной площади (тыс. м<sup>2</sup>) в динамике десятилетнего периода (2010 – 2020 гг.) по медианному срезу (для всей территории РФ) [1, 2]

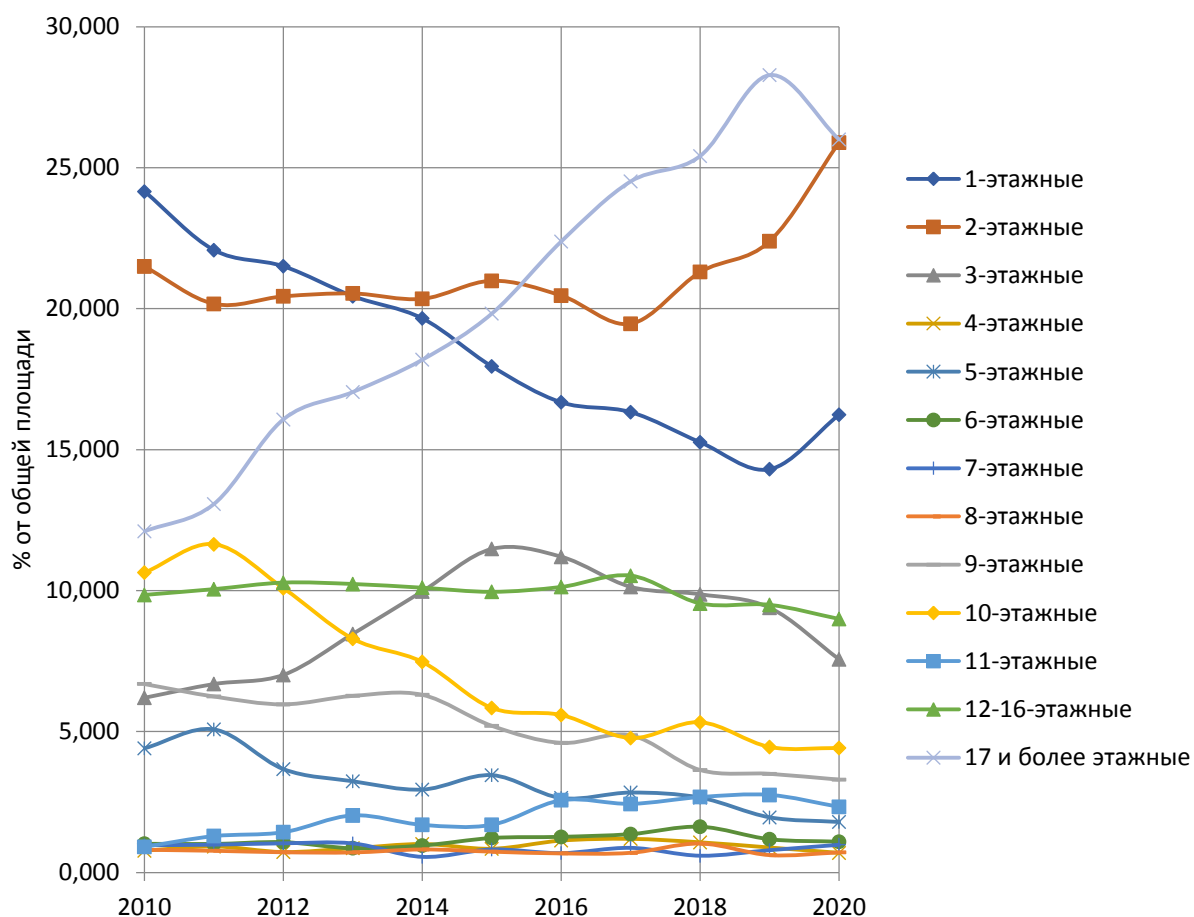


Рисунок 2 – Динамика изменения удельной доли (в % от общей строительной площади) объектов жилого назначения по параметру этажности в динамике десятилетнего периода (2010 – 2020 гг.). По медианному срезу (для всей территории РФ) [1, 2]

Согласно представленным на рисунках 1, 2 данным в исследуемом периоде (2010 – 2020 гг.) наблюдаются следующие тренды:

- до 2015 г. года преобладающим видом строительных объектов жилого назначения были малоэтажные дома (1, 2-этажности);

- с 2018 по 2020 гг. имеет место рост строительства 2-этажных объектов (преимущественно индивидуального домостроения коттеджного характера), что выражается в формировании общепланетарных тенденции, представленных оттоком населения среднего класса на периферию крупным мегаполисов. Также расширением и поглощением мелких населённых пунктов (вблизи больших мегаполисов) урбанизированной конгломерацией,

для которой характерна квартальность застройки с представлением строительных объектов разной этажности (в частности, коттеджные кварталы);

– после 2015 г. количество объектов жилого назначения высотного строительства (17 этажей и выше) постоянно увеличивается относительно строительных объектов жилого фонда малоэтажного строительства, что объясняется ростом спроса на жилую площадь среди населения страны и соответствует общепланетарным тенденциям к увеличению объема возводимых объектов высотного строительства;

– в исследуемом периоде средняя этажность строительных объектов жилого назначения по всей территории Российской Федерации увеличилась на 41,7 % (2010 г. – средняя этажность 12 этажей; 2020 г. – средняя этажность 17 этажей). При этом, данный показатель имеет локальные экстремумы, среди которых, топ 5 городов РФ с максимальной средней этажностью [1, 2]:



по действующему жилому фонду: Кудрово (Ленинградская область); средняя этажность – 18 этажей; Мурино (Ленинградская область): средняя этажность – 18 этажей; Балашиха (Московская область): средняя этажность – 17 этажей; Видное (Московская область): средняя этажность – 17 этажей; Люберцы (Московская область): средняя этажность – 17 этажей;

по вновь возводимому жилому фонду (новостройки): Котельники (Московская область): средняя этажность – 25 этажей; Одинцово (Московская область): средняя этажность – 22 этажа; Кудрово (Ленинградская область): – 22 этажа; Москва: средняя этажность – 22 этажа; Ростов-на-Дону (Ростовская область): средняя этажность – 20 этажей.

Помимо объектов высотного строительства жилого назначения на территории Российской Федерации возведены следующие здания рекордсмены, перечень (топ 5) которых представлен в таблице 1 [3 – 7].

Также в процессе строительства находятся высотные объекты, обозначенные в таблице 2 [3 – 7].

Таблица 1 – Топ 5 зданий рекорсменов на территории Российской Федерации [3 – 7]

№ п/п	Общий вид	Наименование / год постройки	Локация	Высота (м) / этажность
1		Лакhta-центр / 2019 г.	Санкт-Петербург, ул. Высотная, д.1	462 / 87 (самое высокое здание на территории РФ и ЕС с 2017 г.)
2		Башня «Вострок» (МФК «Федерация») / 2017 г.	Москва, Москва-сити, участок 13	373,7 / 95 (самое высокое здание на территории РФ и ЕС в период 2014–2017 гг.)

3		<p>Башня «Южная» (МФК «Око») / 2016 г.</p>	<p>Москва, Москва-сити, участок 16</p>	<p>354,1 / 85</p>
4		<p>МФК «Меркурий Сити» / 2014 г.</p>	<p>Москва, Москва-сити, участок 14</p>	<p>338,8 / 75</p>
5		<p>«Евразия» / 2015 г.</p>	<p>Москва, Москва-сити, участок 12</p>	<p>308,9 / 70</p>

Таблица 2 – Топ 5 зданий рекорсменов на территории Российской Федерации, находящихся на стадии строительства [3 – 7]

№ п/п	Проектный вид	Наименование / год окончания постройки	Локация	Проектная высота (м) / проектная этажность
1		МФК «One Tower» / 2024 г.	Москва, Москва-сити, участок 1	442,8 / 106
2		Башня «Ахмат» МФК «Ахмат» / 2024 г.	Грозный, ЧР	435 / 106
3		«Neva Towers» / (башня с апартаментами сдана в эксплуатацию в 2019 г., с офисными помещениями в 2020 г.)	Москва, Москва-сити, участок 17-18	345 / 79 302 / 68



4		«Grand Tower» / 2022 г.	Москва, Москва-сити, участок 15	283,4 / 62
5		«Capital Towers» (3 башни) / плановый срок сдачи – 2021 г.	Москва, Краснопресненская наб.	270 / 61 × 3

Стремление отечественных зодчих к высотному строительству, отмечалось на протяжении всей истории России, начиная с 1479 года, при возведении Успенского собора Московского Кремля (Москва, 55 м) и до современных решений – «Лахта-Центр» (Санкт-Петербург, 462 м) (рисунок 3) [3 – 7].

Представленные на рисунке 3 данные, позволяют сделать следующие выводы о становлении высотного строительства на территории современной Российской Федерации:

- до 1733 года высотные объекты строительства выполнялись исключительно для религиозно-обрядового функционального назначения;

- начиная с 1952 года высотное строительство, используется для устройства объектов жилого и общественного назначения, включая многофункциональные комплексы (МФК);

- в период с 2007 по 2017 гг. наблюдается значительное увеличения темпов высотного строительства, а также увеличение высотной отметки возводимых объектов.

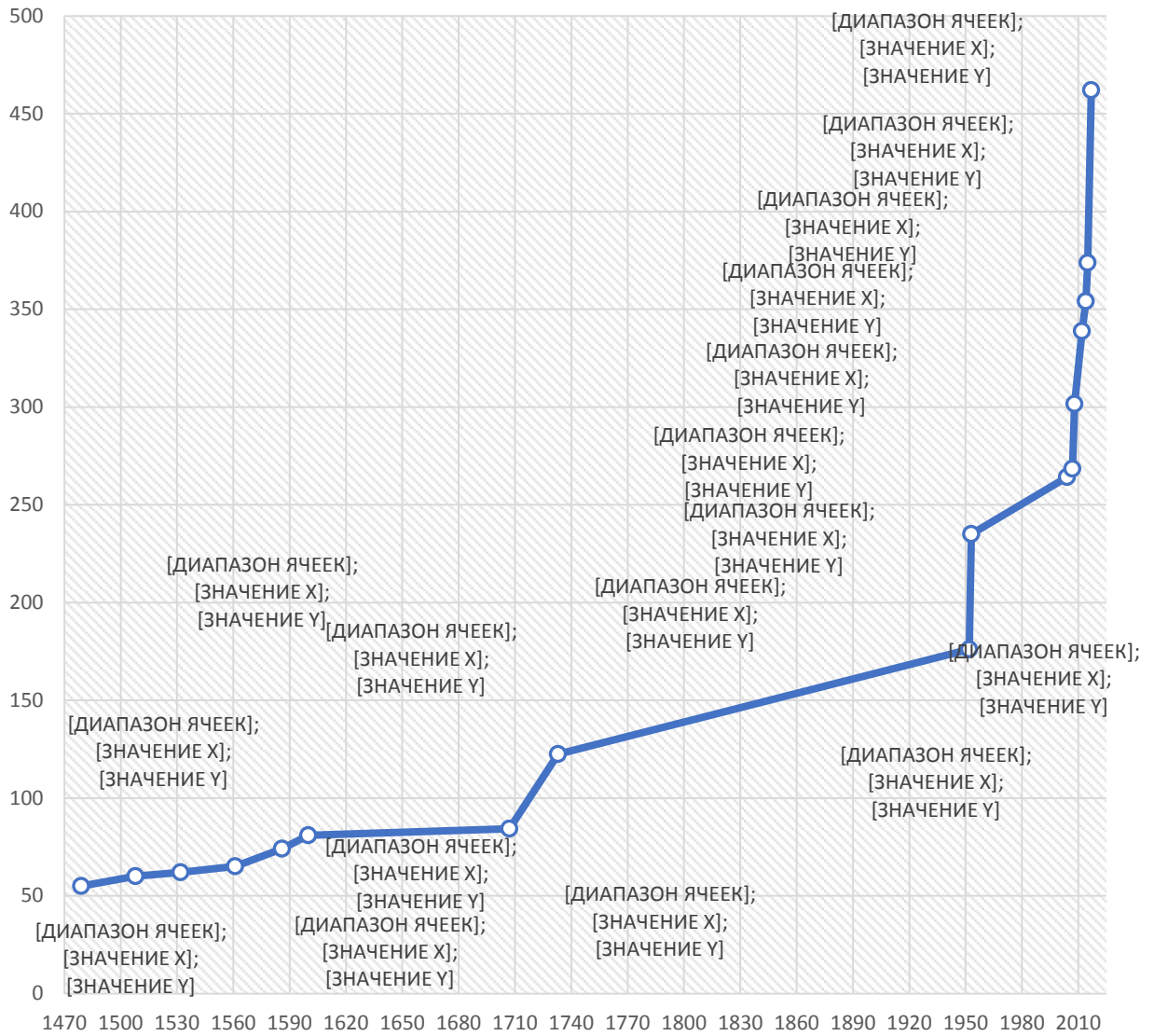


Рисунок 3 – Хронология высотного строительства в России [3 – 7]

Данные публикаций авторов [8 – 11], позволяют оценить общий уровень развития высотного строительства в общепланетарном масштабе (рисунок 4).



Рисунок 4 – Самые высокие здания в общепланетарном масштабе [8 – 11]

При анализе представленных данных следует учитывать разработанное СТВУН (The Council on Tall buildings and Urban Habitat / Совет по высотным зданиям и городской среде обитания (международная организация)) понятие «бесполезная» высота, т.е. высота от последнего эксплуатируемого этажа до наивысшей точки строительных конструкций объекта. Следовательно, СТВУН предлагает разделять понятие возможности эксплуатации высотных строений от неэксплуатируемых архитектурных решений (рисунок 5) [8 – 11].

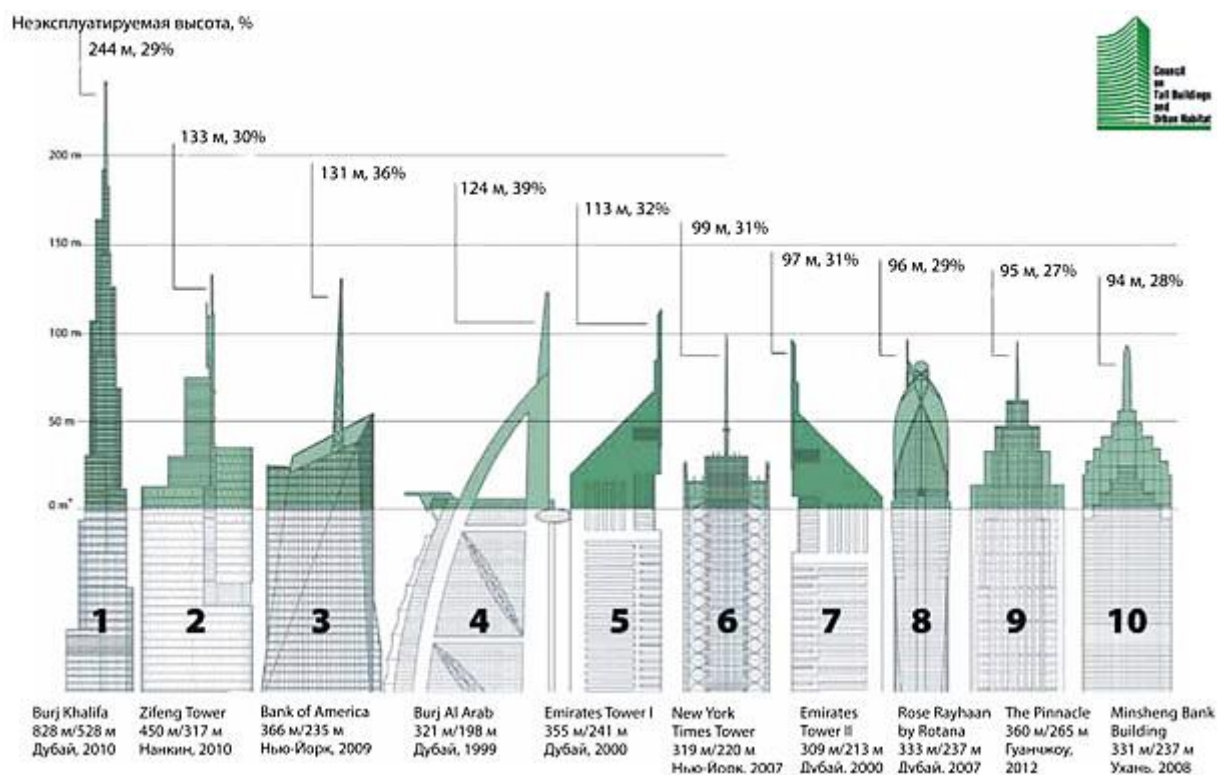


Рисунок 5 – Характеристика высотных зданий в общепланетарном масштабе относительно параметра «бесполезная» высота, введённого СТБУН

Согласно представленным данным, используя понятие «бесполезная» высота (согласно рекомендациям СТБУН) порядка 61 % высотных зданий, возведённых в развитых странах мира, потеряли статус сверхвысокий. Ввиду того, что их эксплуатационная высота не превышает 300 метров (к примеру, башня Burj Khalifa (Дубай, ОАЭ) имеет 29 % «бесполезной» высоты; Bank of America (Нью-Йорк, США) – 36 % «бесполезной» высоты; Burj Al-Arab (Дубай, ОАЭ) – 39 % (максимальный показатель «бесполезной» высоты)). Учитывая данное обстоятельство, строительная отрасль высотных зданий, возводимых на территории РФ, являются конкурентными с мировыми рекордсменами ввиду того, что отечественные высотные здания имеют высокий показатель эксплуатационной высоты.

Используя публикации авторов [3 – 13], определим классификацию объектов высотного строительства, которая приведена на рисунке 6.

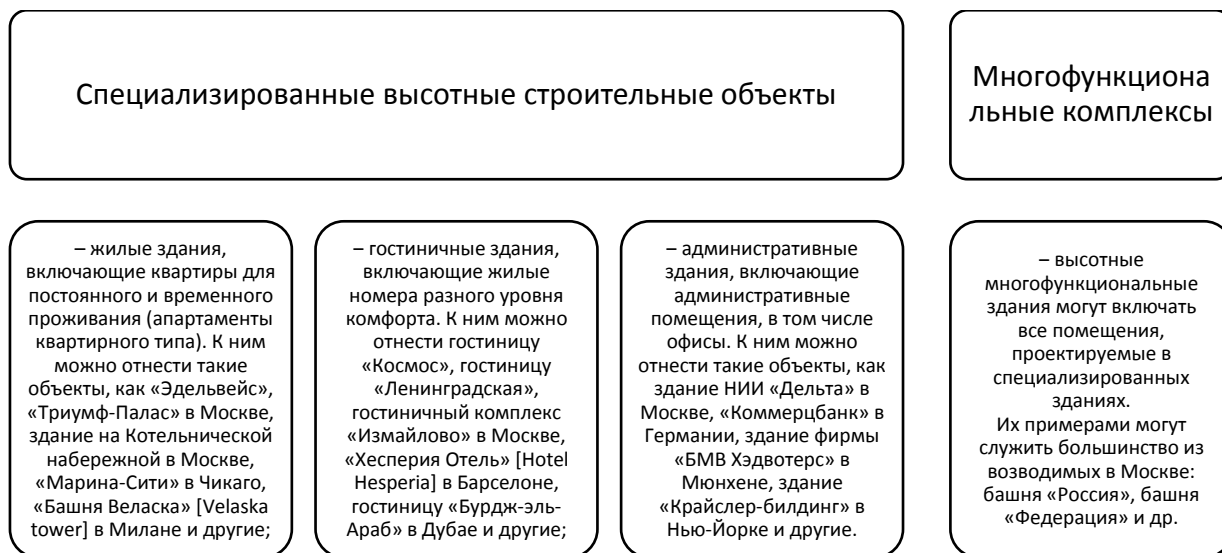


Рисунок 6 – Классификация объектов высотного строительства [3 – 13]

При проектировании и реализации строительного производства высотных объектов возникает ряд инженерных проблем [3 – 13], которые выделены на рисунке 7.

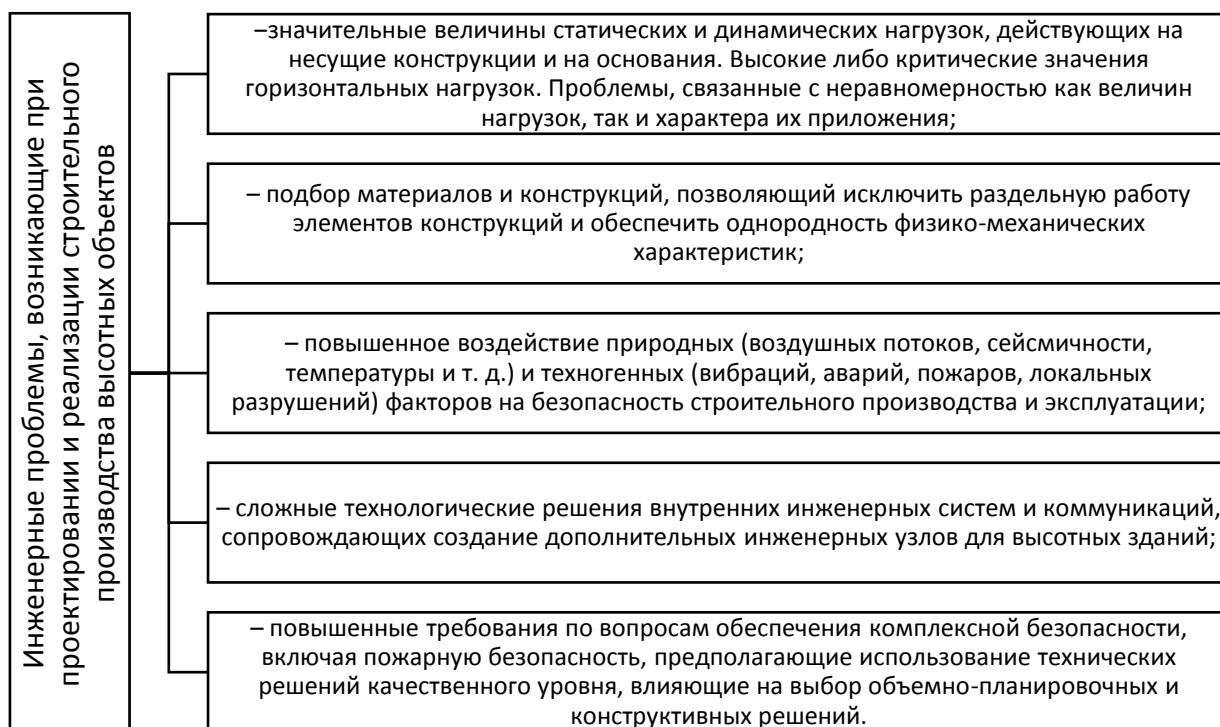


Рисунок 7 – Инженерные проблемы, возникающие при проектировании и реализации строительного производства высотных объектов [3 – 13]

Объемно-планировочные, объемно-пространственные, конструктивные решения высотных объектов строительства на территории Российской Федерации регламентируются следующей НТД: СП 267.1325800.2016 [14], СП 394.1325800.2018 [15], СП 253.1325800.2016 [16], СП 477.1325800.2020 [17], СП 401.1325800.2018 [18], СП 412.1325800.2018 [19], СТО НОСТРОЙ 2.35.73-2012 [20], СТО НОСТРОЙ 2.15.70-2012 [21], МДС 12-23.2006 [22], МДС 50-1.2007 [23], РМД 31-04-2008 [24].

При этом, с учётом инженерных сложностей, описанных на рисунке 7 настоящей МД, в частности из-за влияния градиента ветровой нагрузки, в процессе инженерных изысканий получены оптимальные объемно-планировочные, объемно-пространственные решения, схемы которых (ранжируемые по частоте применения в высотном зодчестве) указаны на рисунке 8 [3 – 13].

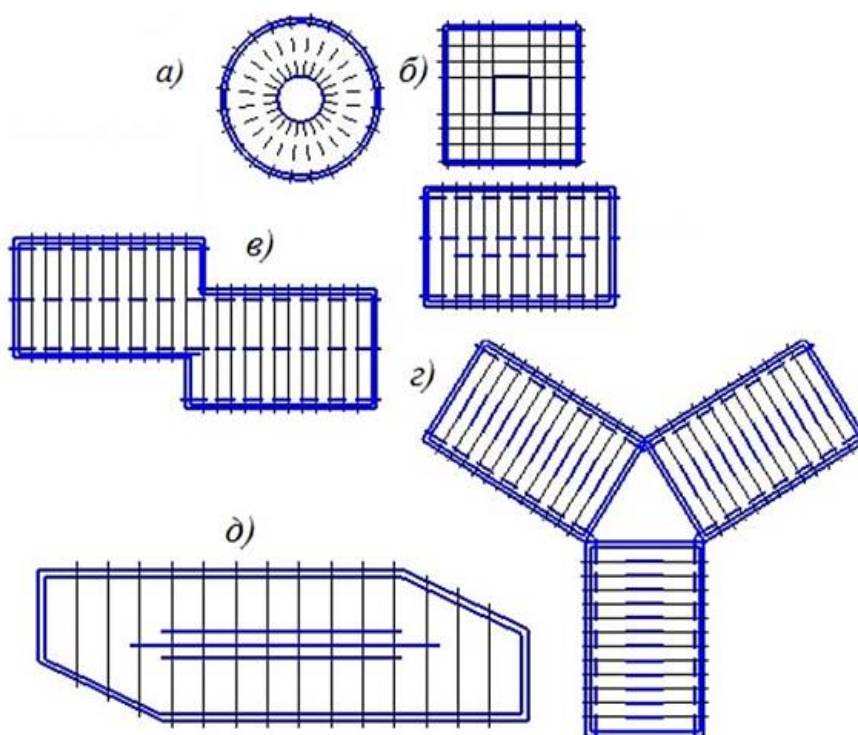


Рисунок 8 – Оптимальные объемно-планировочные, объемно-пространственные решения высотных строительных объектов [3 – 13]:

а) – б) – компактные планы; в) – д) – протяжные планы

Виды конструктивных решений, применяемых для устройства высотных строительных объектов, представлены на рисунке 9 [3 – 13]. При этом наиболее часто применяются монолитные, сборные и сборно-монолитные системы.

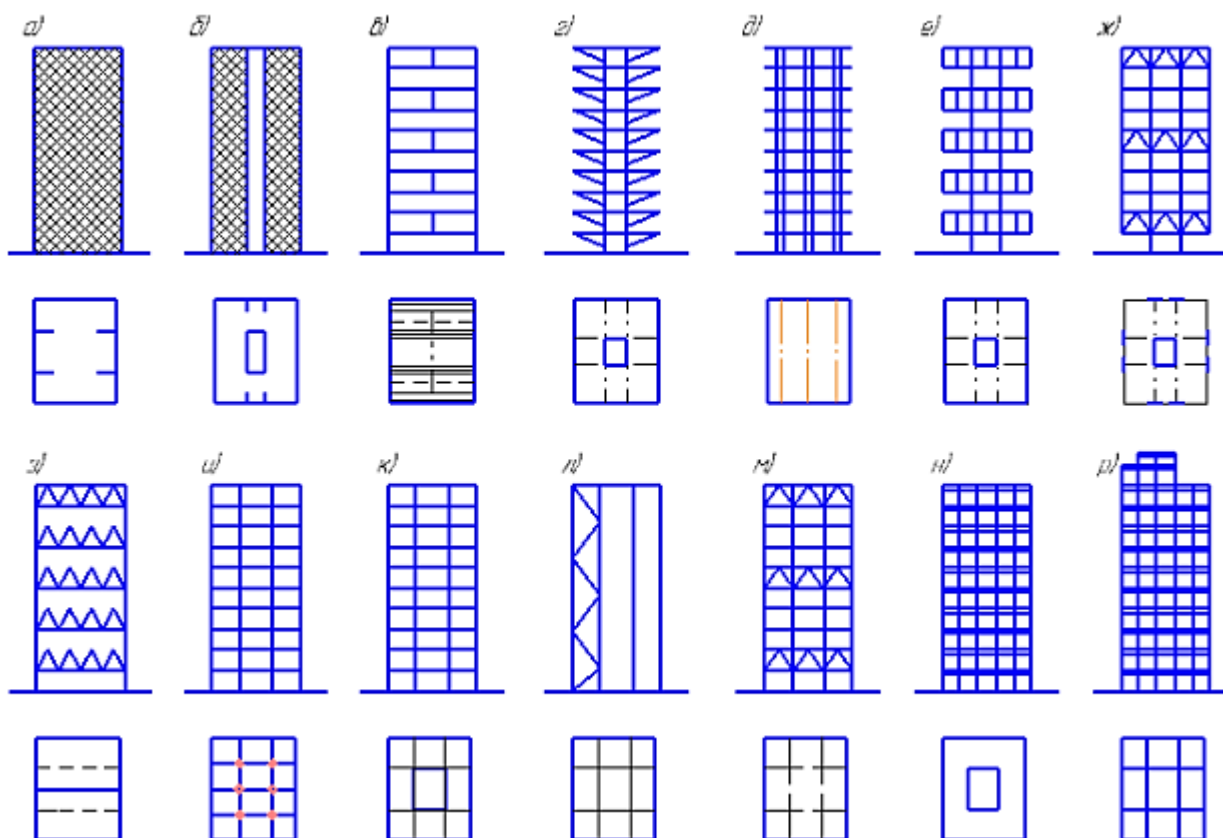


Рисунок 9 – Конструктивные решения при устройстве высотных строительных объектов [3 – 13]

а – бескаркасная с параллельными несущими стенами; б – ствольная с несущими стенами; в – коробчатая; г – с консольными перекрытиями в уровне каждого этажа; д – каркасная с безбалочными плитами перекрытия; е – с консолями высотой на этаж в уровне каждого второго этажа; ж – с подвешенными этажами; з – с фермами высотой на этаж, расположенными в шахматном порядке; и – рамно-каркасная; к – каркасно-ствольная; л – каркасная с решетчатыми диафрагмами жесткости; м – каркасная с решетчатыми горизонтальными поясами и решетчатым стволом; н – коробчатоствольная (труба в трубе); р – многосекционная коробчатая

В ходе инженерных изысканий, получены практические рекомендации по применению той или иной конструктивной схемы, которые выражаются в характерном графике, представленном на рисунке 10 [3 – 13].

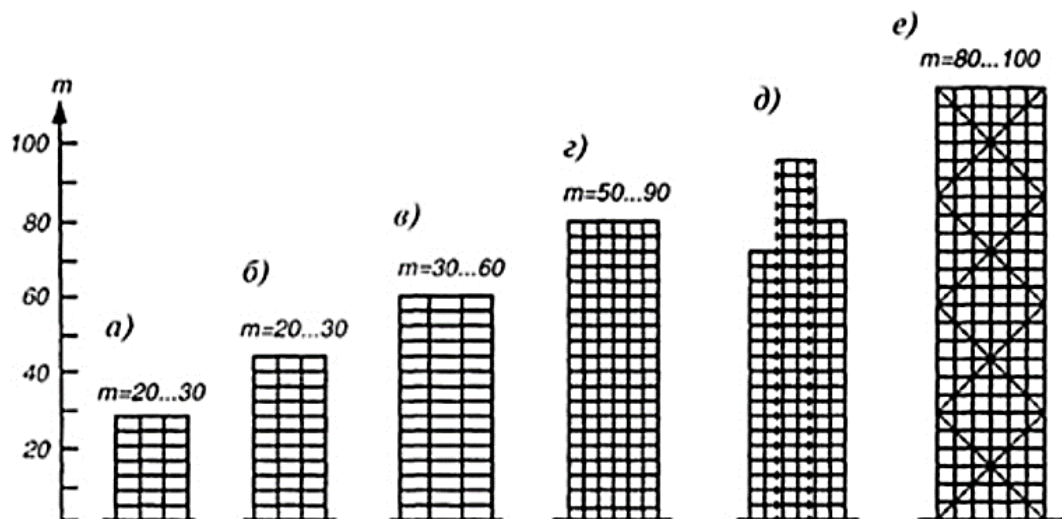


Рисунок 10 – Рекомендации относительно применения конструктивных решений при устройстве высотных строительных объектов [3 – 13]

- а) классическая рамная система; б) связевая или рамно-связевая с диафрагмами жесткости или внутренним стволом; в) то же, с ростверками; г) рамная система с внешней пространственной рамой; д) секционно-рамная система; е) связевая система с внешним стволом в виде пространственной фермы

Согласно анализу представленных конструктивных решений, приходим к выводу, что основным конструктивным элементом для высотных строительных объектов является элемент вертикальной жесткости, который определяет устойчивость и прочностные свойства возведённого высотного здания, вследствие чего рассмотрим оптимальные решения по устройству данного базового элемента, которые получены в ходе инженерных изысканий в высотном строительстве.



Оптимальные в плане решения по устройству вертикальных элементов жесткости высотных строительных объектов представлены на рисунке 11 [3 – 13]. Пример реализации одного из решений представлен на рисунке 12.

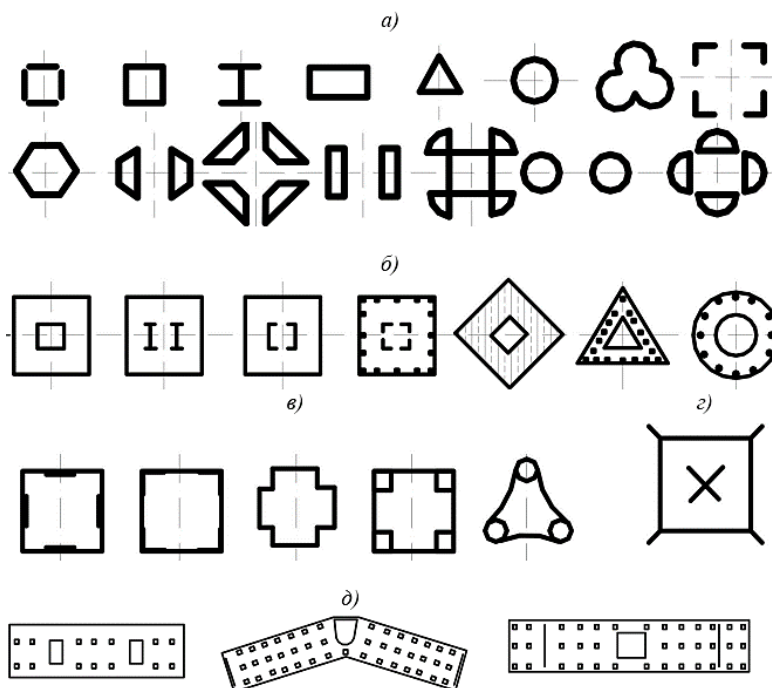


Рисунок 11 – Оптимальные в плане решения по устройству вертикальных элементов жесткости высотных строительных объектов [3 – 13]

а – характерные геометрические формы пилонов и стволов жесткости; размещение элементов жесткости в зданиях компактной формы; б – с центральным расположением в плане здания; в – то же, с периферийным расположением элементов жесткости; г – комбинированное расположение элементов жесткости д – то же, элементы жесткости в протяженных зданиях

Таким, образом, выделены два основных типа конструктивных схем высотных объектов строительства: оболочковая система вертикальных элементов жесткости (рисунки 13, 14) и стволовая система вертикальных элементов жесткости (рисунок 15, применяемая наиболее часто). Для представленных типов конструктивных решений исследуемых объектов прочие конструктивные элементы строительных объектов работают по

различным жестко-прочностным условиям, что проиллюстрировано на рисунках 13 – 15 [3 – 13].

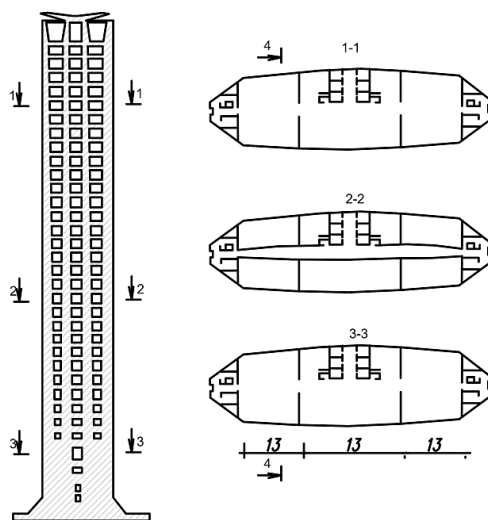


Рисунок 12 – Пример решения вертикального элемента жесткости конструктивной схемы высотного строительного объекта («Пирелли» Милан, 32 этажа): ядра жесткости, плоских диафрагм жесткости, пилонов

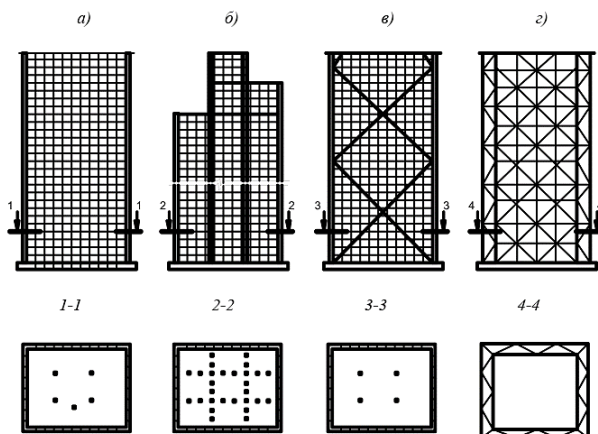


Рисунок 13 – Оболочковая система вертикальных элементов жесткости конструктивной системы высотных строительных объектов [3 – 13]

а – пространственной рамы («труба»); б – пространственной рамы с внутренними диафрагмами («пучок труб»); в – связевой системы в виде пространственной макрофермы; г – связевой системы в виде пространственной структурной конструкции

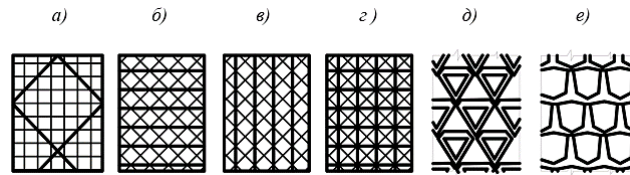


Рисунок 14 – Схема устройства оболочковых элементов жесткости [3 – 13]

а – с прямоугольными элементами жесткости; б – раскосной с ригелями; в – то же без ригелей; г – то же, с ригелями и стойками; д, е – примеры сборно-

монолитных оболочек

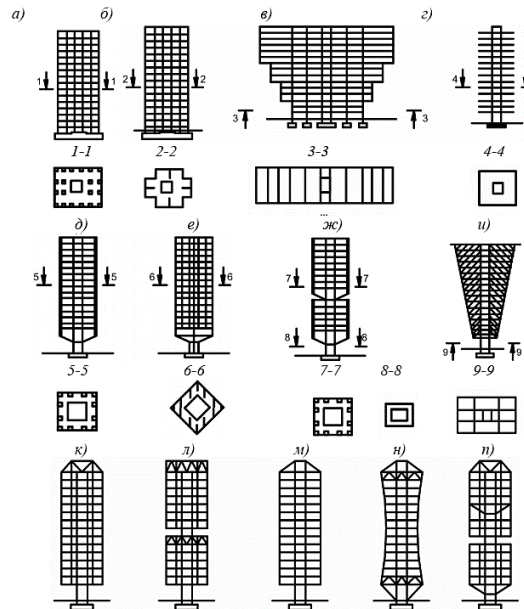


Рисунок 15 – Стволовая система вертикальных элементов жесткости конструктивной системы высотных строительных объектов [3 – 13]

а – каркасно-стволовая; б – ствольно-стенная; в – каркасно-ствольная с консольными этажами; г – ствольная с консольными конструкциями перекрытий каждого этажа; д, е – ствольная с консольным поясом в нижнем уровне; ж – с консольными поясами в двух уровнях; и – с трапециевидной консолью на высоту здания; к – с подвеской перекрытий к консольному оголовку в верхнем уровне; л – то же, к оголовку и промежуточному поясу; м – то же, к вершине ствола на оттяжках и подвесках; н – с предварительно напряженными подвесками, работающими совместно со стволом на горизонтальные воздействия; с – комбинированная система с консольными поясами и подвесками

Наиболее высокое в настоящее время на территории РФ (в том числе ЕС) высотное здание Лахта-центр (462 м) имеет ствольную систему вертикальных элементов жесткости конструктивной системы (рисунок 16).

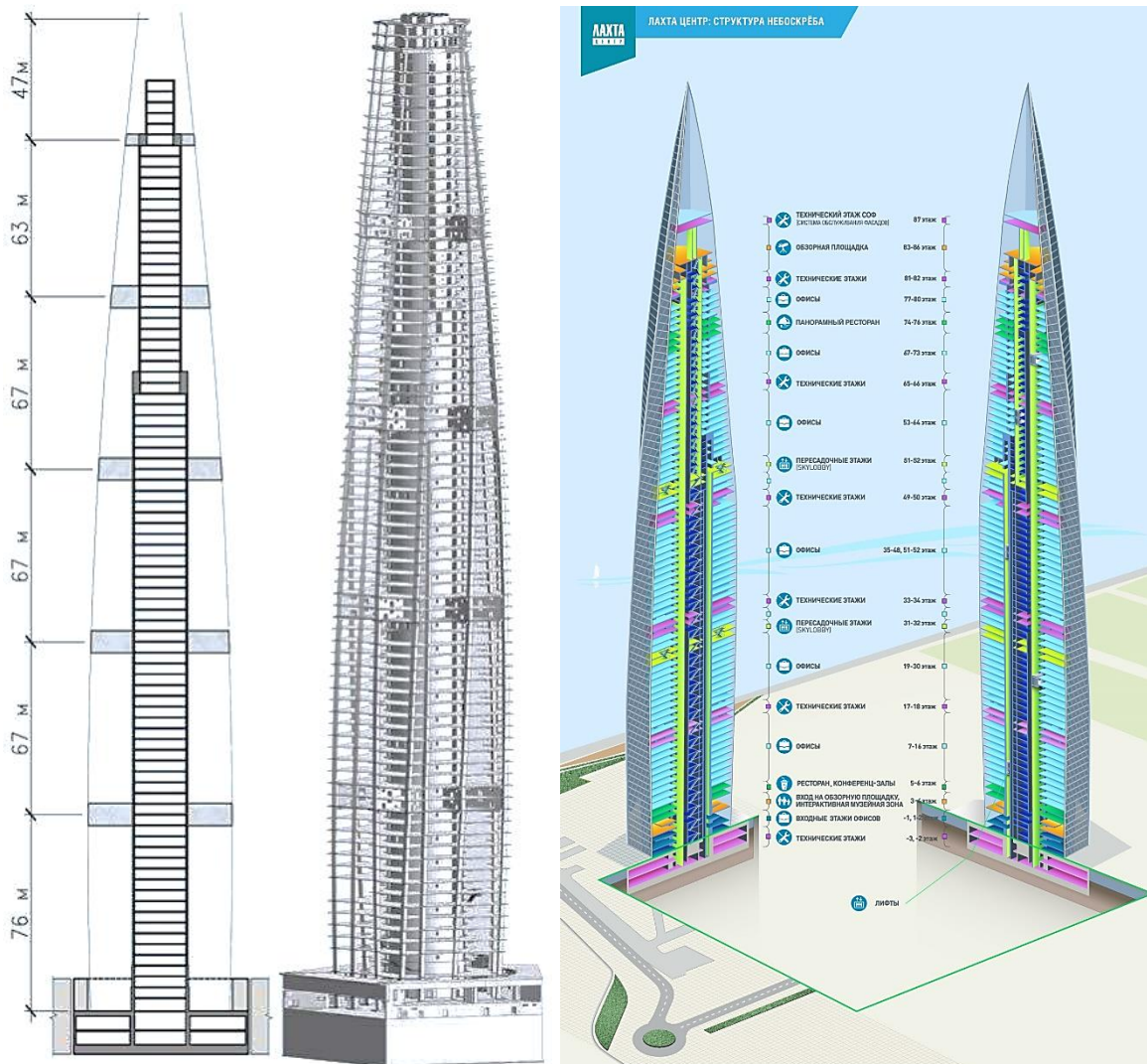


Рисунок 16 – Конструктивная схема Лахта-центр (462 м)

При создании Лахта-центр (462 м) использовались методы оптимизации пространственно-конструкционных решений, которые представлены на рисунке (17).

Сложность влияния ветровых нагрузок примерный объект представлено на рисунке 17. Также проектанты Лахта-центр (462 м) учитывались колебательные нагрузки на строительные конструкции

примерного объекта, которые визуализируются на рисунке 18. Строительного производство объектов высотного строительства по применяемым технологическим методам не имеет значительных отличий от строительства прочих объектов, что регламентируется СП 48.13330.2019 [25].

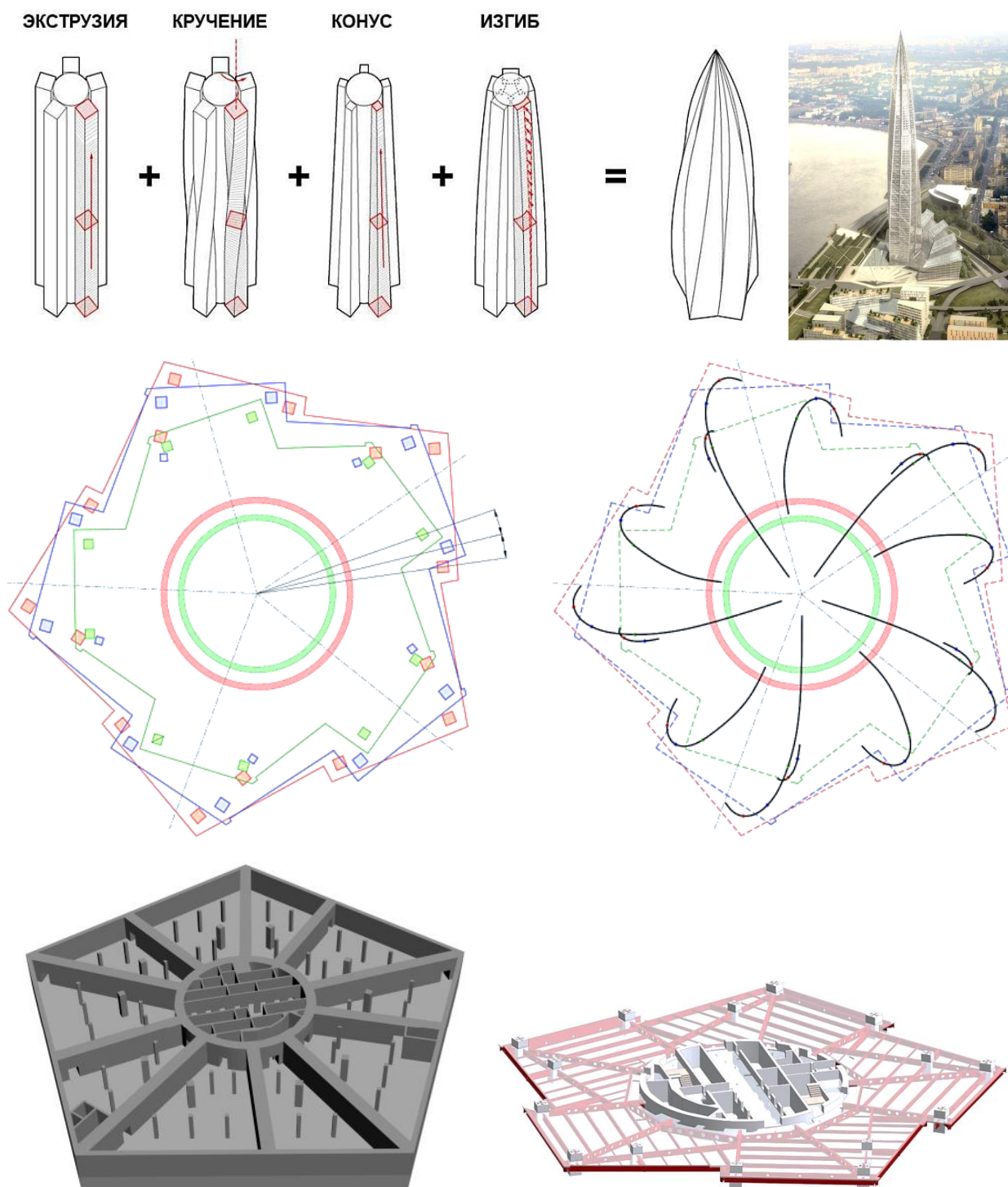


Рисунок 17 – Конструктивные решения Лахта-центр (462 м)

При этом, в строительном производстве в части механизации строительно-монтажных работ, существует ряд технологических особенностей, которые значительно отличают рассматриваемых процесс от строительства прочих объектов.

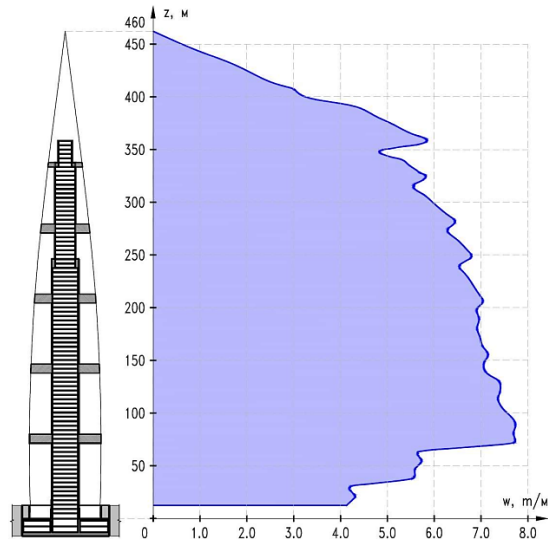


Рисунок 18 – Эпюра ветровых нагрузок на конструкции Лахта-центр (462 м)

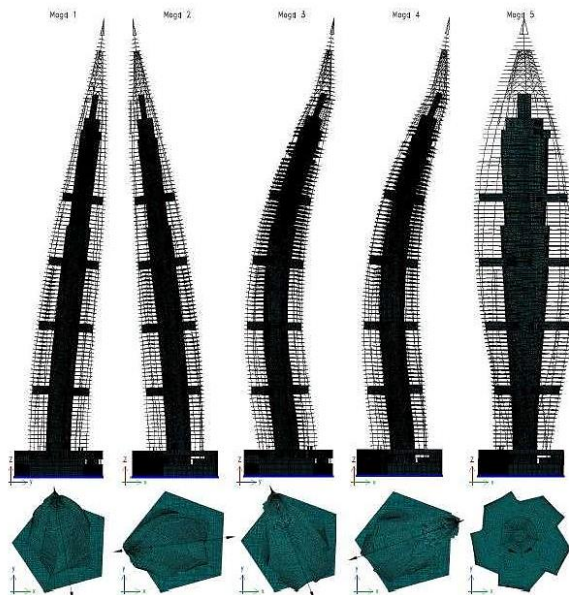


Рисунок 19 – Формы собственных колебаний конструктивной схемы Лахта-центр (462 м)

В частности, для возведения высотных строительных объектов существуют инженерные проблемы в обеспечении доступности грузоподъемных механизмов, которые решаются с использованием приставного (рисунок 20) и само перемещаемого (рисунок 21) башенных кранов [3 – 13].

Аналогичные решения по механизации строительного производства высотных объектов разработаны и для прочих строительного-технологических процессов. Например, для устройства монолитных и сборно-монолитных конструкций: самоподъемная опалубка (рисунок 22), подъемно-приставная опалубка (рисунок 23), подъемно-переставная опалубка (рисунок 24), общие комбинированные схемы механизации процессов возведения (рисунок 25) [3 – 13].

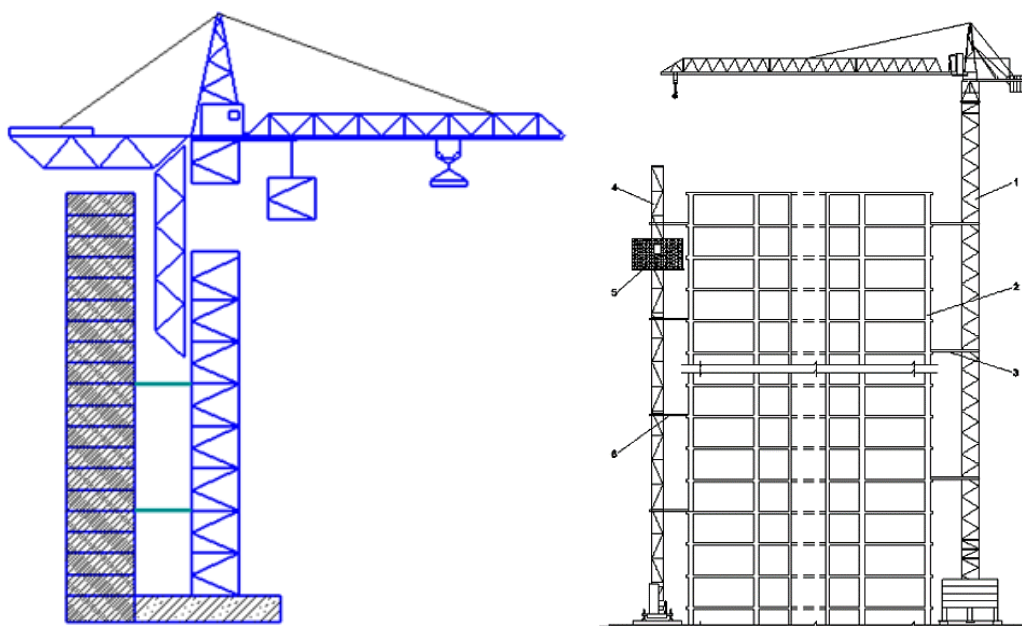


Рисунок 20 – Схема приставного башенного крана (стационарное исполнение) [3 – 13]

1 — кран; 2 — каркас возводимого здания; 3 — монтажные связи крана; 4 — мачта подъемника; 5 — грузопассажирская кабина подъемника; 6 — монтажные связи подъемника

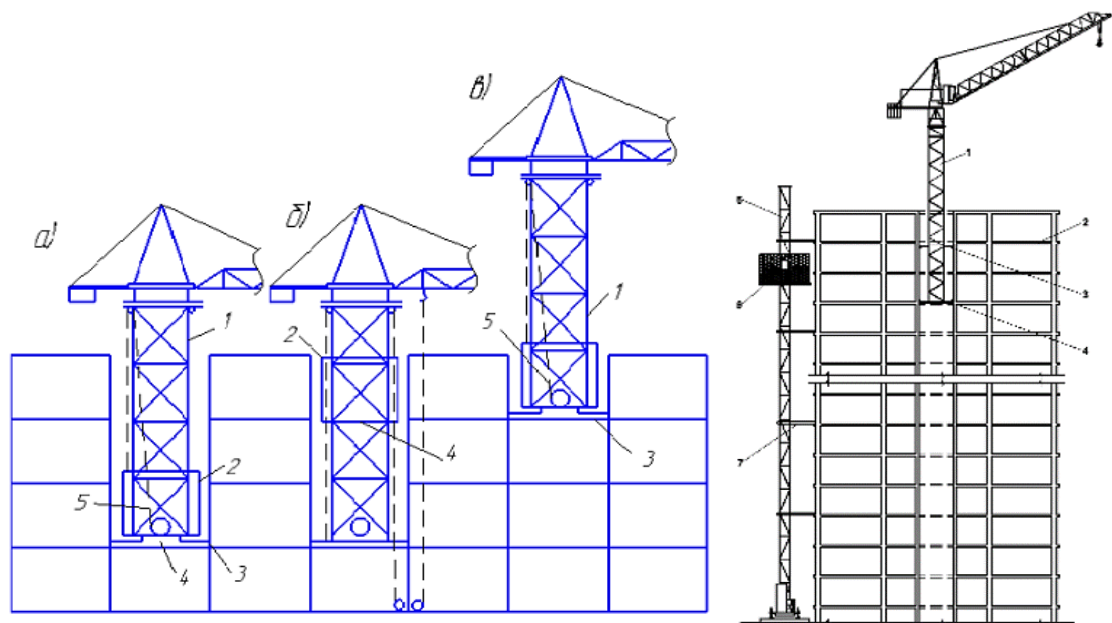


Рисунок 21 – Схема само перемещаемого башенного крана (динамическое исполнение) [3 – 13]

а) исходное положение; б) подъем обоймы; в) подъем крана; 1 – башня крана; 2 – подвижная обойма; 3 – откидные упоры опорной балки; 4 – откидные упоры подвижной обоймы; 5 – специальная лебедка; 1 — кран; 2 — каркас возводимого здания; 3 — промежуточные опоры крана; 4 — нижняя опора крана; 5 — мачта подъемника; 6 — грузопассажирская кабина подъемника; 7 — монтажные связи подъемника

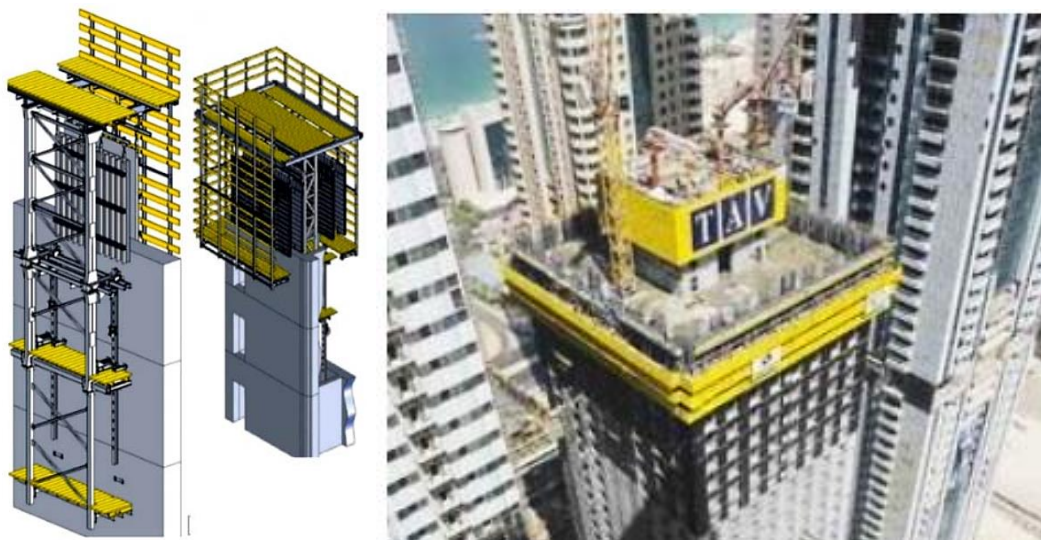


Рисунок 22 – Конструкция самоподъемной опалубки для высотного домостроения [3 – 13]



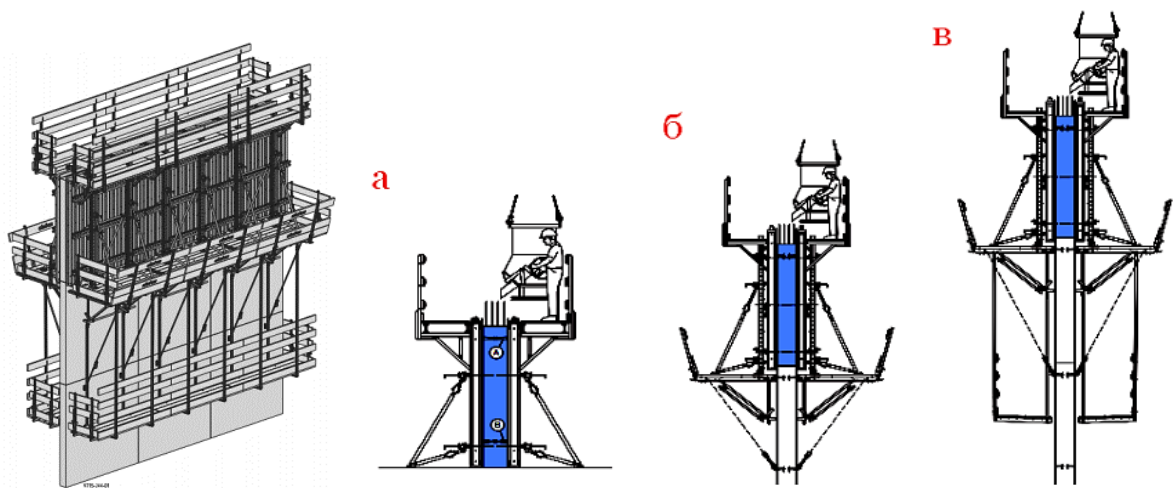


Рисунок 23 – Общий вид и схема поярусного бетонирования с использованием подъемно-приставной опалубки [3 – 13]

а – первый ярус (А – закладной анкер, В – закладной анкер для растяжки от ветра); б – второй ярус; в – третий ярус

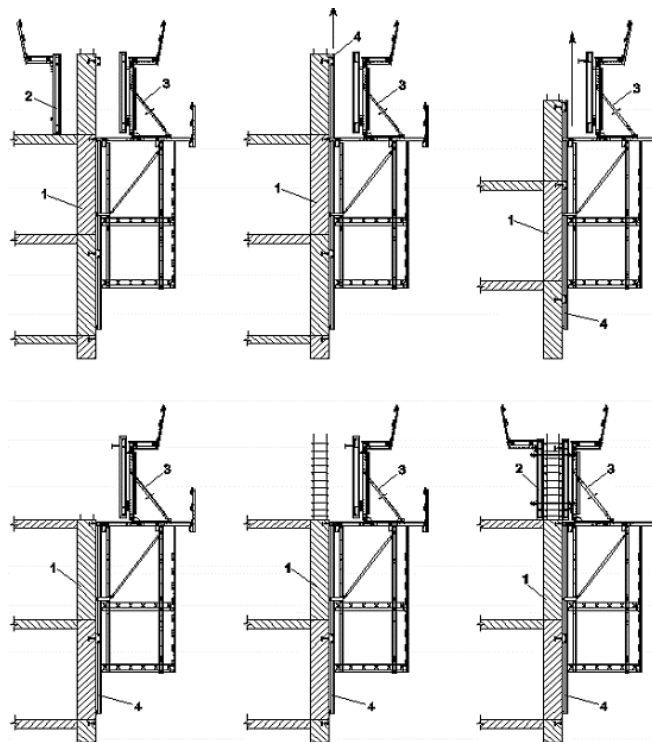


Рисунок 24 – Схема перемещения подъемно-переставной опалубки [3 – 13]

1 — монолитная стена; 2 — внутренняя опалубочная панель; 3 — наружная опалубочная панель; 4 — направляющие балки

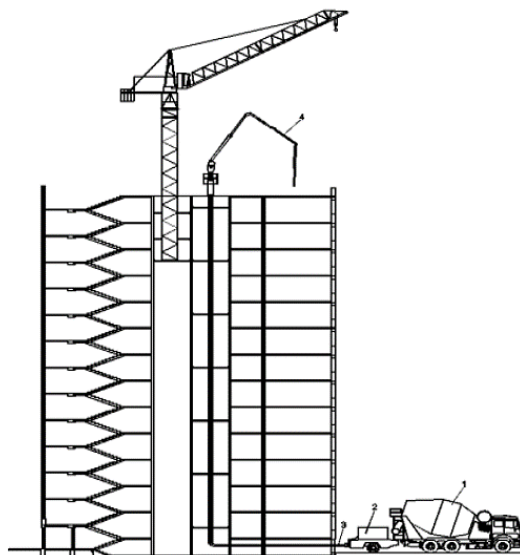


Рисунок 25 – Общая комбинированная технология строительных процессов возведения монолитных конструкций высотного строительного объекта с использованием специализированных средств механизации [3 – 13]

1 — автобетоносмеситель; 2 — бетононасос; 3 — бетоновод; 4 — автономная распределительная стрела

Пример строительного производства при возведении Лахта-центра (462 м) представлен на рисунке 26 [3 – 13].

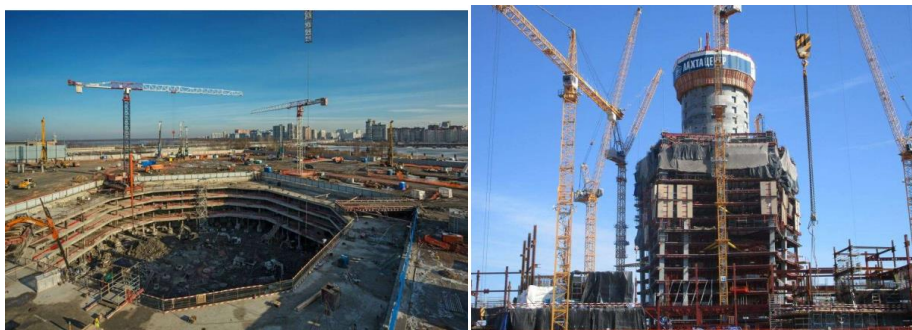


Рисунок 26 – Пример использования средств механизации при возведении Лахта-центра (462 м) [3 – 13]: использование приставных и само перемещаемых башенных кранов

## **1.2 Анализ видов и способов организационно-технологического планирования**

Основополагающие положения в сфере формирования организационно-технологической документации (составляемой при планировании строительного производства объектов капитального строительства, в том числе и высотных) определяются: СП 48.13330.2019 [25], МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 49.13330.2010 [29] с учётом положений РД-11-02-2006 [30], РД-11-05-2007 [31], РД-11-06-2007 [32], СП 12-136-2002 [33], СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [46].

Согласно представленной НТД, а также публикаций авторов [34 – 42], представим медианно-понятийную формулировку термина организационно-технологическая документация:

Организационно-технологическая документация (ОТД) – комплект документации, разрабатываемой в составе проектных решений, регламентирующей порядок, последовательность и общую организацию производства строительного-монтажных работ, в рамках действующих норм законодательства.

Организационно-технологическая документация градуируется от степени детализации выделенного строительного-монтажного потока: единичного, объектного, комплексного, общего строительного производства.

СП 48.13330.2019 [25] выделяет ряд видов ОТД, аналитическая характеристика которых представлена в таблице 3 [34 – 42].

Также, согласно положениям РД-11-02-2006 [30], РД-11-05-2007 [31], РД-11-06-2007 [32], СП 12-136-2002 [33] существует специализированная ОТД III уровня [34 – 42]:

– ППРк (проект производства работ кранами) – ППР (ПОР) (см. таблицу 1), разрабатываемый для увязки технологических и безопасных

решений по организации строительного производства с использованием специализированной грузоподъемной техники и механизмов;

– ППРв (проект производства работ на высоте) – ППР (ПОР) (см. таблицу 3), разрабатываемый для увязки технологических и безопасных решений по организации строительного производства на высоте;

– ПОД (проект организации работ по сносу или демонтажу зданий, согласно МДС 12-46.2008 [28]) – (ПОР) (см. таблицу 3), разрабатываемый для увязки технологических и безопасных решений при организации демонтажных работ, строительных объектов, подлежащих сносу.

С целью обеспечения оперативной разработки ОТД IV уровня в соответствии с МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 48.13330.2019 [25], СП 49.13330.2010 [29] профильными ведомствами разрабатываются ТТК (типовые технологические карты), которые предусматривают организацию строительно-монтажного производства для выделенного объектного или единичного строительного потока нормализованными методами.

Состав для каждого вида ОТД представлен в таблице 4 на основании МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 48.13330.2019 [25], СП 49.13330.2010 [29] с учётом систематизации данных публикаций авторов [34 – 42].

Между всеми элементами организации работ существуют определенные связи: временные, логические, хозяйственные, организационные и технологические. Изучаются эти связи при разработке проектов организации строительства, реконструкции или ремонта (ПОС) на стадии проектирования и уточняются, и дорабатываются при разработке проектов производства работ (ППР) уже на стадии строительства, реконструкции или ремонта (ППР), как правило подрядными организациями (исполнителями работ).

Таблица 3 – Аналитическая характеристика видов ОТД

Наименование ОТД/ исполнитель	Характеристика	Нормативная ссылка
ОТД I уровня для объектных и комплексных строительных потоков (организационного характера)		
ПОС (проект организации строительства)	Раздел проектной документации, определяющий общую продолжительность и промежуточные сроки строительства, распределение капитальных вложений и объемов строительно-монтажных работ, материально-технические и трудовые ресурсы и источники их покрытия, основные методы выполнения строительно-монтажных работ, структуру управления строительством объекта и другие сведения в соответствии с требованиями действующего законодательства. Проект организации строительства разрабатывают проектные организации либо по договору с ними другие специализированные проектные организации. ПОС входит как раздел «Организация строительства» в состав проекта или рабочего проекта. Является обязательным документом для заказчика, подрядчика, инвестора, то есть для всех субъектов инвестиционно-строительной деятельности.	СП 48.13330.2019 [25], МДС 12- 81.2007 [27], Положение [45]
ОТД II уровня для объектных и комплексных строительных потоков (организационно-технологического характера)		
ППР (проект производства работ)	Один из основных организационно-технологических документов, описывающих применяемые обоснованные организационно-технологические решения для обеспечения оптимальной технологичности производства и безопасности соответствующих видов работ, а также экономической эффективности капитальных вложений. ППР устанавливает порядок инженерного оборудования и обустройства строительной площадки, обеспечивает моделирование строительного процесса, прогнозирование возможных рисков, определяет оптимальные сроки строительства. Выбор организационно-технологических решений следует осуществлять на основе вариантной проработки с применением методов критериальной оценки. На основании решений, принятых в ПОС, подрядная организация за свой счет разрабатывает ППР. ППР разрабатывают подрядные организации или по договору с ними физические или юридические лица, имеющие соответствующий опыт и квалификацию. Организационно-технологический документ, разрабатываемый для реализации проекта и рабочего проекта и определяющий технологии строительных работ (технологические процессы и операции), качество их выполнения, сроки, ресурсы и мероприятия по безопасности.	СП 48.13330.2019 [25], МДС 12- 81.2007 [27], Положение [45]
ОТД III уровня для объектных, комплексных, единичных строительных потоков (организационно-технологического характера)		

<p>ПОР (проект организации работ)</p>	<p>ПОР разрабатывается генеральной подрядной (генподрядной) организацией. Цель ПОР – увязка программы работ строительной организации во времени и пространстве. Критерии составления этого документа: сдача объекта в срок, равномерное распределение ресурсов, максимальная занятость фронтов работ, оптимизация работ субподрядных организаций.</p>	<p>СП 48.13330.2019 [25], МДС 12-81.2007 [27]</p>
<p>ОТД IV уровня для объектных и единичных строительных потоков</p>		
<p>ТК (технологическая карта)</p>	<p>Технологическая карта разрабатывается в составе ППР, ПОР. Технологическая карта (ТК) - организационно-технологический документ, разрабатываемый для выполнения технологического процесса и определяющий состав операций и средств механизации, требования к качеству, трудоемкость, ресурсы и мероприятия по безопасности. Технологическая карта наряду с проектом организации строительства и проектом производства работ является основным организационно-технологическим документом в строительстве. Технологическая карта содержит комплекс мероприятий по организации труда с наиболее эффективным использованием современных средств механизации, технологической оснастки, инструмента и приспособлений. В технологическую карту включаются наиболее прогрессивные и рациональные методы по технологии строительного производства, способствующие сокращению сроков и улучшению качества работ, снижению их себестоимости. Технологическая карта обеспечивает не только экономное и высококачественное, но и безопасное выполнение работ, поскольку содержит нормативные требования и правила безопасности. Наличие организационно-технологических документов, в том числе технологических карт, и их использование в строительном производстве во многом определяют мощь и конкурентоспособность строительной организации.</p>	<p>МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 48.13330.2019 [25], СП 49.13330.2010 [29]</p>

При разработке общей организации работ учитывают, что оптимальное для частного вопроса решение может оказаться неверным и даже ошибочным, и пагубным для системы в целом, поэтому и необходимо рассматривать организацию строительства, реконструкции и ремонта как единый комплекс из взаимно увязанных элементов.

Таблица 4 – Характеристика ОТД

Исходные данные для разработки	Обязательные элементы
<p>ОТД I уровня для объектных и комплексных строительных потоков (организационного характера) – ПОС (проект организации строительства)</p>	
<p>1) технико-экономическое обоснование (ТЭО), технико-экономические расчеты (ТЭР), которые обосновывают целесообразность строительства;</p> <p>2) материалы инженерных изысканий;</p> <p>3) рекомендуемые генподрядными и субподрядными организациями средства механизации, порядок обеспечения энергетическими ресурсами и т. д.;</p> <p>4) сведения об условиях поставок и транспортирования строительных конструкций, изделий и полуфабрикатов;</p> <p>5) объемно-планировочные, конструктивные решения проектируемых зданий и сооружений, а также основные технологические схемы, пусковые комплексы;</p> <p>б) другие сведения и данные, необходимые для разработки ПОС конкретного объекта</p>	<p>1) календарный план строительства, в котором определяются сроки, очередность строительства основных, вспомогательных зданий, технологических узлов, идентифицируются пусковые, строительные комплексы, приводится распределение капитальных вложений, объемов строительного-монтажных работ по периодам строительства;</p> <p>2) календарный план подготовительного периода;</p> <p>3) строительный генеральный план (стройгенплан) для подготовительного и основного периода строительства;</p> <p>4) организационно-технологические схемы, которые определяют оптимальную последовательность возведения зданий или сооружений;</p> <p>5) ведомость объемов строительного-монтажных работ и специальных работ;</p> <p>6) ведомость потребности в строительных материалах, изделиях, конструкциях;</p> <p>7) ведомость потребности в строительных машинах, транспортных средствах;</p> <p>8) график потребности в кадрах по основным профессиям;</p> <p>9) ведомость временных зданий и сооружений;</p> <p>10) технико-экономические показатели (ТЭП). Этим элементам соответствует графическая часть и пояснительная записка, в которой производится обоснование принятых организационных и технико-технологических решений.</p> <p>Для сложных проектов и для зданий, где впервые применяются новые строительные материалы, конструкции, технологии, дополнительно в составе ПОС разрабатывают комплексный укрупненный сетевой график (КУСГ).</p>
<p>ОТД II уровня для объектных и комплексных строительных потоков (организационно-технологического характера) – ППР (проект производства работ)</p>	
<p>1) техническое задание на разработку ППР;</p> <p>2) ПОС;</p> <p>3) рабочая документация;</p> <p>4) сведения об условиях поставки строительных материалов, изделий, конструкций, производственно-технологической комплектации;</p> <p>5) сведения об условиях использования машин, обеспечении строительства кадрами;</p> <p>б) материалы и результаты технического обследования зданий и сооружений (при реконструкции).</p>	<p>1) календарный план производства работ;</p> <p>2) стройгенплан;</p> <p>3) технологические карты или технологические схемы на выполнение основных видов работ;</p> <p>4) рекомендации по производству геодезических работ;</p> <p>5) мероприятия по технике безопасности;</p> <p>6) инженерные решения и расчет по водо-, тепло-, энергоснабжению, освещению;</p> <p>7) перечень технологического инвентаря, монтажной оснастки; схемы строповки грузов.</p> <p>ППР состоит из графической части и пояснительной записки.</p>

<b>ОТД III уровня для объектных, комплексных, единичных строительных потоков (организационно-технологического характера) – ПОР (проект организации работ)</b>	
1) внутрифирменный бизнес-план; 2) полный комплект проектно-сметной документации по объектам строительства; 3) фактическая производственная мощность организаций, которые участвует в строительстве, как генподрядных, так и субподрядных.	1) календарный план выполнения работ на объектах (общий и с детализацией на год); 2) график движения бригад по объектам строительства на каждый период; 3) график движения машин и механизмов по объектам; 4) график работы субподрядных организаций.
<b>ОТД IV уровня для объектных и единичных строительных потоков – ТК (технологическая карта)</b>	
1) ПОС; 2) ППР/ПОР; 3) Объемно-планировочные и конструкционные решения проекта; 4) Характеристика используемых материалов и оборудования.	1) область применения; 2) общие положения; 3) организация и технология выполнения работ; 4) требования к качеству работ; 5) потребность в материально-технических ресурсах; 6) техника безопасности и охрана труда; 7) технико-экономические показатели.

### **1.3 Современные подходы в организации строительства высотных зданий**

Организация строительного производства для высотных строительных объектов на территории Российской Федерации должна в полной мере соответствовать требованиями: СП 48.13330.2019 [25], МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 49.13330.2010 [29] с учётом положений РД-11-02-2006 [30], РД-11-05-2007 [31], РД-11-06-2007 [32], СП 12-136-2002 [33], СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [46]. С учётом положений СП 267.1325800.2016 [14], СП 394.1325800.2018 [15], СП 253.1325800.2016 [16], СП 477.1325800.2020 [17], СП 401.1325800.2018 [18], СП 412.1325800.2018 [19], СТО НОСТРОЙ 2.35.73-2012 [20], СТО НОСТРОЙ 2.15.70-2012 [21], МДС 12-23.2006 [22], МДС 50-1.2007 [23], РМД 31-04-2008 [24].

Значительным отличием в организации строительного производства высотных объектов является использование отличных от типовых



технологических решений по механизации строительных процессов, что в полной мере описано в п. 1.1 настоящей МД.

В организационном плане при строительном производстве высотных объектов существует ряд особенностей, вызванных необходимостью решения инженерных проблем, выделенных в п. 1.1 МД:

– на этапе проектирования и разработки ОТД I – IV уровней (см. п. 1.2 МД) необходимо учитывать сложное сочетание нагрузок на строительные системы и элементы возводимого здания (в соответствии с проектными решениями), что проиллюстрировано для Лахта-центра (462 м) в п. 1.1 МД. Данное обстоятельство приводит к необходимости жесткого соблюдения осуществления контрольно-надзорных мероприятий по поточным жестко-прочным свойствам конструктивных элементов и цельной конструкции возводимого высотного здания, предусмотренных РД-11-02-2006 [30], РД-11-05-2007 [31], РД-11-06-2007 [32], а также мониторинга влияния возводимого объекта на окружающие постройки и инфраструктуру согласно СП 305.1325800.2017 [43];

– использование специализированных средств механизации строительных процессов (см. п. 1.1 МД);

– контроль безопасных методов производства работ на высоте как для привлекаемого строительного персонала, так и для строительных механизмов и инструмента, согласно положений СП 48.13330.2019 [25], МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 49.13330.2010 [29], РД-11-06-2007 [32], СП 12-136-2002 [33], СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [46], Правил [44];

– организация специализированных строительно-монтажных работ (предусмотренных проектными решениями и ОТД), в частности, по устройству базовых вертикальных элементов жесткости и обеспечения проектной связи с другими конструктивными системами и элементами возводимого высотного здания.

Прочие особенности организации строительного производства аналогичны, предусмотренным СП 48.13330.2019 [25].

#### **1.4 Календарный план как вид организационно-технологического планирования и объект ситуационного анализа. Классификация видов календарного плана**

На территории Российской Федерации строительное производство при возведении объектов капитального строительства урегулировано и нормализовано:

– порядок организации строительного производства регламентируется МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 48.13330.2019 [25], СП 49.13330.2010 [29], СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [51];

– нормативная продолжительность строительного производства для типовых объектов регламентируется положениями СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50].

Основной нормативный документ СП 48.13330.2019 [25] в обязательном порядке обязывает к разработке и утверждению в предусмотренном в строительном-монтажной организации календарного плана строительного производства под каждый объект капитального строительства/ремонта (комплекс/группу объектов, которые идут в комплексном потоке строительного производства). Он является частью исполнительной документации (проекта производства строительном-монтажных работ).

Методическая нормативная строительная база (МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28]), которая определяет состав и порядок разработки ОТД по капитальному строительству/ремонту, производству отдельных строительном-монтажных процессов также указывает

на необходимость разработки календарного план-графика производства работ.

Аналогичные требования по разработке календарного плана строительного производства имеет и стандарт организации федерального значения СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [51].

При этом установлено, что календарный план-график производства строительно-монтажных работ является частью исполнительной документации (ПОС, ППР (ПОР), ТХ) на возведение/ремонт строительного объекта, который разрабатывается для планирования основных технологических потоков:

- поставки строительных материалов, изделий и полуфабрикатов на строительную площадку (локацию строительного производства) (рисунок 27);

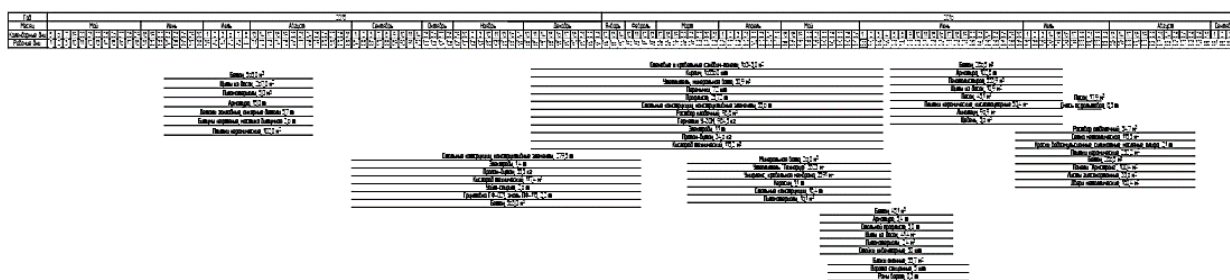


Рисунок 27 – Пример графика поставки строительных материалов, изделий и полуфабрикатов на строительную площадку (локацию строительного производства)

- темпа и хода (движения) привлеченного строительно-монтажного персонала (рисунок 28);



Рисунок 28 – Пример графика темпа и хода (движения) привлеченного строительно-монтажного персонала – времени привлечения специальной строительной техники, инструментов и приспособлений (рисунок 29);

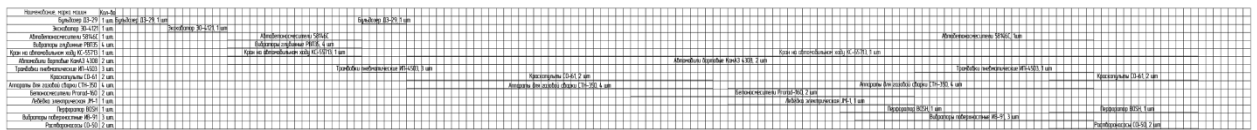


Рисунок 29 – Пример графика привлечения специальной строительной техники, инструментов и приспособлений – финансирования строительного производства в соответствии с проектным производственным ритмом с учётом корреляции по локальным условиям производства строительно-монтажных работ (рисунок 30);



Рисунок 30 – Пример графика финансирования строительного производства – дискретизация строительного производства по логическому признаку и объемам строительно-монтажного производства с целью организации эффективного менеджмента и поточно-оперативного контроля качества строительного производства (рисунок 31);

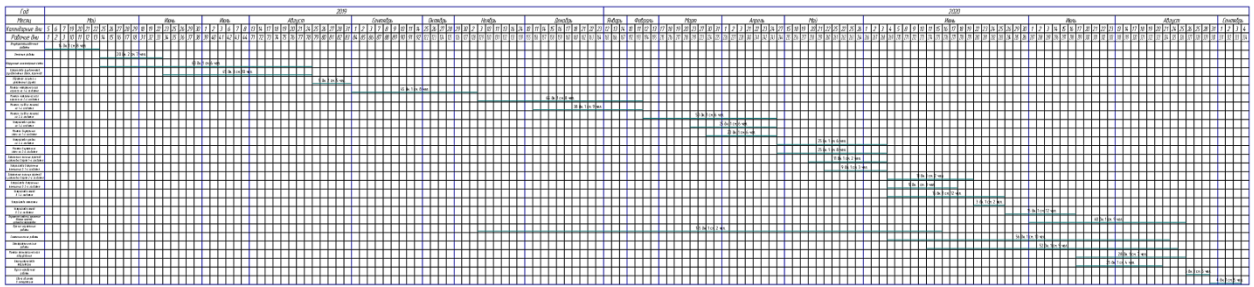


Рисунок 31 – Пример календарного план-графика

– общего строительного темпа и потока с целью выполнения общего срока на возведение/ремонт строительного объекта (рисунок 32).

Календарный план-график строительно-монтажного производства формируется на основании комплекта проектно-сметной документации, который выступает в качестве исходных данных для календарного проектирования возведения/ремонта строительного объекта (рисунок 33) [51 – 59].

Нормализованный порядок календарного проектирования строительного производства представлен на рисунке 34.

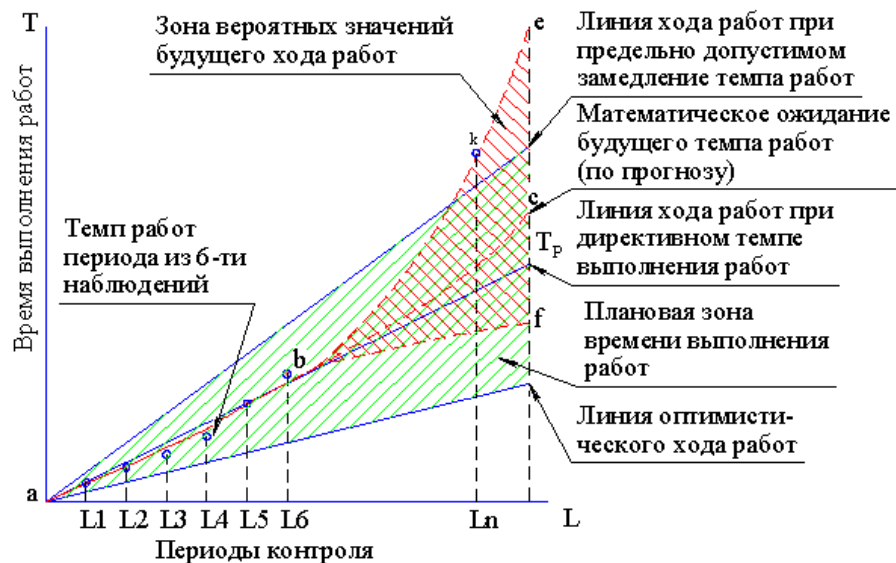


Рисунок 32 – График общего строительного темпа и потока

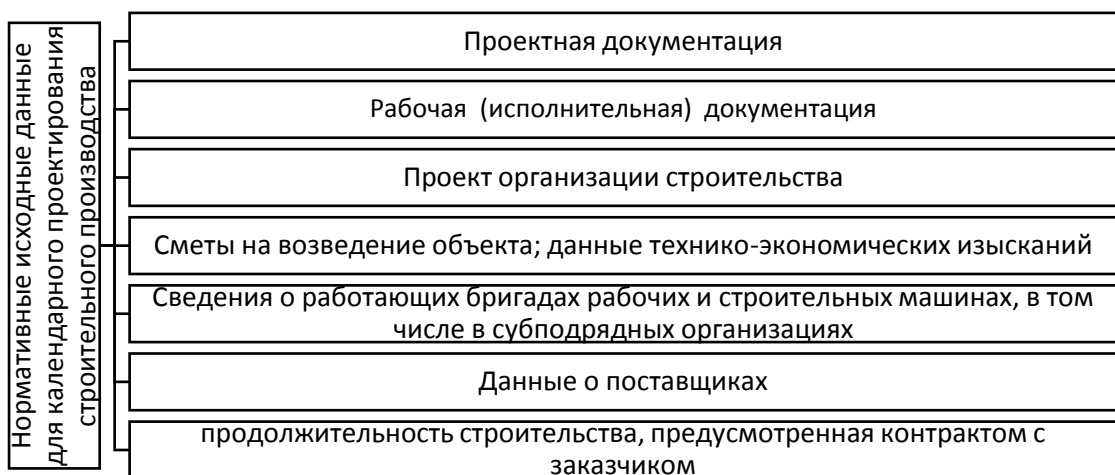


Рисунок 33 – Нормативные исходные данные для календарного проектирования строительного производства

Календарное планирование имеет различную форму представления:

- для одиночных локальных объектов – линейный график (рисунок 35);
- для сложноустроенных объектов – объектная сетевая модель (рисунок 36);
- для поточного строительства объектов – циклограмма (рисунок 37).



Рисунок 34 – Нормализованный порядок календарного проектирования строительного производства

При задействовании в строительное производство подрядных и субподрядных строительно-монтажных организаций, последним доводится утверждённый в рабочем порядке календарный план-график, на основании которого обозначенные подразделения выполняют собственное календарное планирование, результаты которого коррелируются с общим графиком и согласовываются с генподрядчиком.

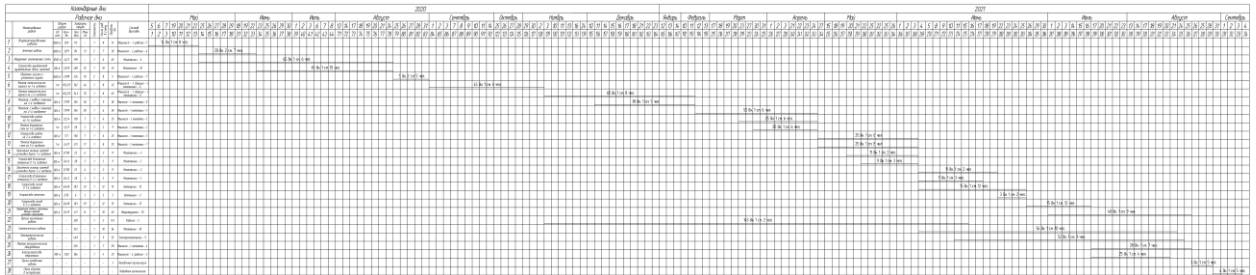


Рисунок 35 – Пример линейного графика строительного производства

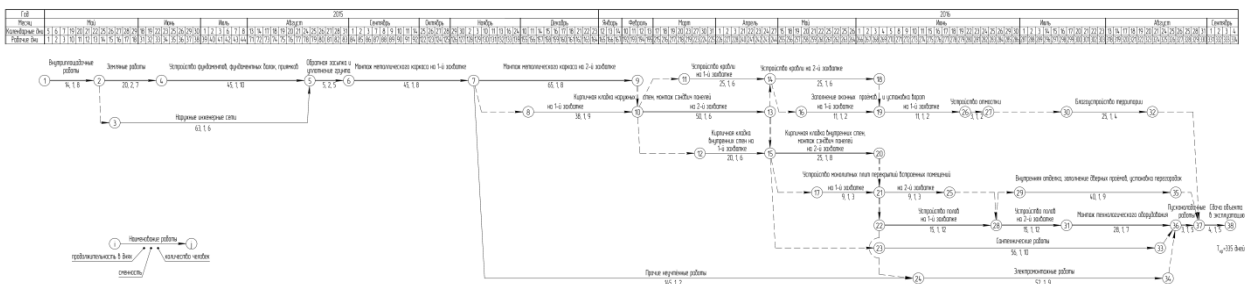


Рисунок 36 – Пример сетевого графика строительного производства

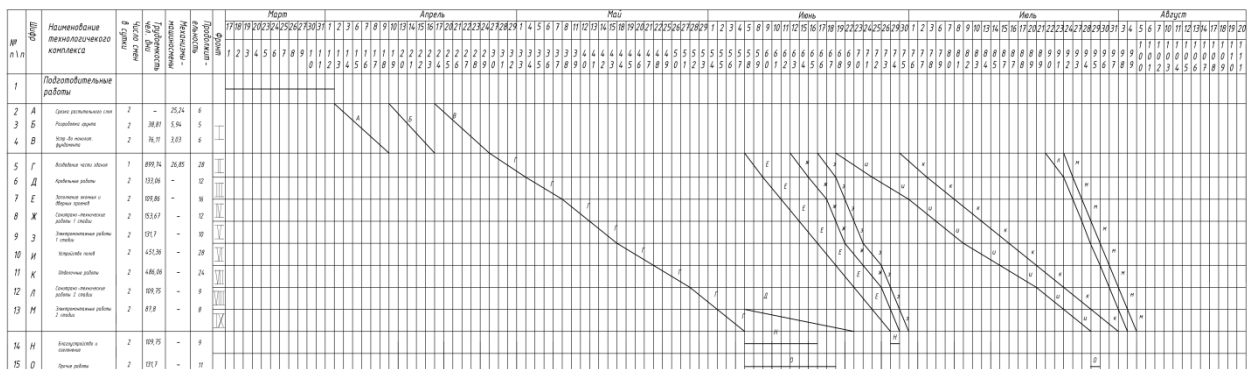


Рисунок 37 – Пример циклограммы строительного производства

На основании анализа исследования авторов [51 – 59] установлено, что на общую продолжительность строительного-монтажного производства в значительной мере влияют следующие операционно-технологические потоки:

- движение привлеченного строительного-монтажного персонала;
- поставка строительных изделий, материалов и полуфабрикатов;
- движение привлеченных специально-строительных машин, механизмов, приспособлений и инструмента.

Существует также 4-й поток – финансирование строительного-монтажного производства, который в большей степени влияет на темп и фактическую продолжительность выполнения работ. Однако даже при бесперебойном финансовом потоке обеспечить оптимальные характеристики описанных выше операционно-технологических потоков не представляется возможным, вследствие чего существует ряд методов по их оптимизации и повышению эффективности календарного планирования и контроля процесса строительства (ситуационный подход):

- оптимизация движения привлеченного строительного-монтажного персонала, эффективность привлечения которого оценивается по коэффициенту неравномерности движения:

$$K_{НИР} = \frac{K_{\max}}{K_{\text{ср}}} \rightarrow |1,5 \div 2,0|.$$

Получение оптимальных значений  $K_{НИР}$  достигается путём увеличения/сокращения продолжительности отдельных строительных процессов за счёт резервов времени с одновременным уменьшением/увеличением привлекаемого строительного-монтажного персонала. Пример оптимизации операционно-технологического потока движения привлеченного строительного-монтажного персонала представлен на рисунке 38 [51 – 59].



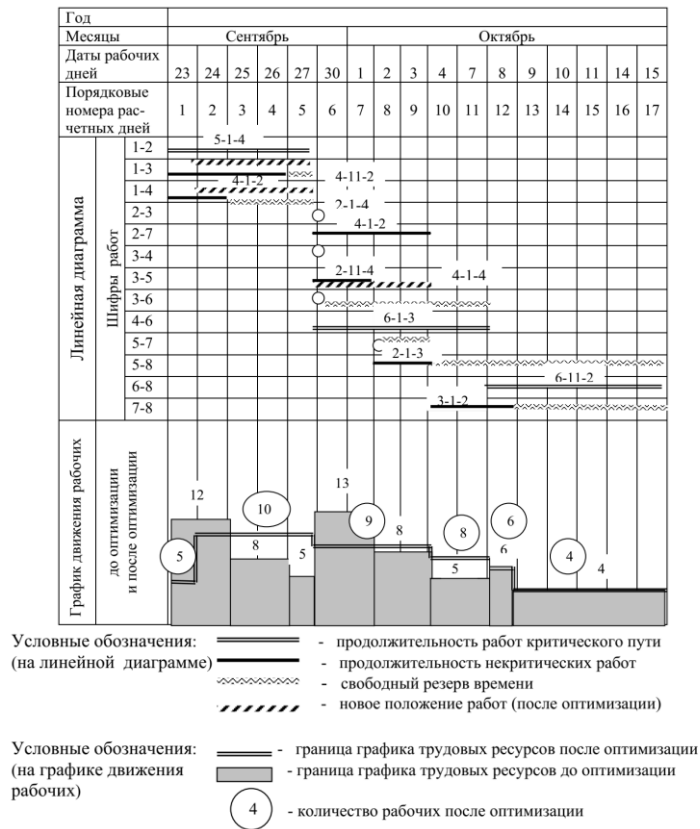


Рисунок 38 – Пример оптимизации операционно-технологического потока движения привлеченного строительного-монтажного персонала

– оптимизация операционно-технологического потока поставки строительных изделий, материалов и полуфабрикатов формируется при балансировании основных технологических параметров: ёмкости и наполняемости при объектных складах и времени расхода запаса (рисунок 39).

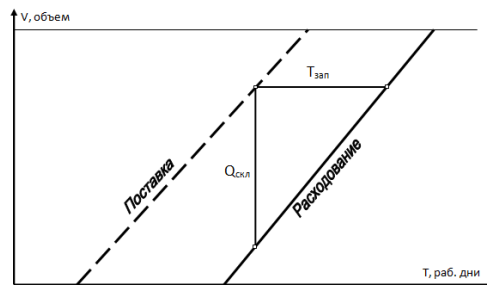


Рисунок 39 – Технологический процесс балансирования основных технологических параметров: ёмкости и наполняемости при объектных складах и времени расхода запаса

При равномерном расходе строительных материалов и изделий оптимизация операционно-технологического потока не требуется (рисунок 40) [51 – 59].

На деле имеет место неравномерное потребление строительных материалов и изделий, что может привести к технологическим паузам в строительном-монтажном производстве. Вследствие чего суть оптимизации обозначенного операционно-технологического потока определяется определением сбалансированного потока поставок строительных материалов и изделий, объем которых коррелируется с показателем объема и наполняемости при объектных складах и складских площадках (рисунок 41) [51 – 59].

– оптимизация операционно-технологического потока движения привлеченных специально-строительных машин, механизмов, приспособлений и инструмента является задачей с многокомпонентной системой переменных, в которой нужно учитывать такие производственные параметры как производительность, ресурс, сменность, количество оборудования, машин и механизмов. Вследствие чего применяются организационно-технологические решения по оптимизации календарного проектирования:

– исходя из требуемого объема строительного-монтажного производства, назначается оптимальное количество строительных машин и механизмов с оптимальными параметрами производительности и ресурса;

– логические группируются строительные процессы по признаку привлекаемой строительной техники и инструмента. По избежанию работы в неэкономических (недогруженных) режимах, технологических простоев, прочего (нулевой цикл, основной цикл, отделочный цикл, цикл устройства инженерных коммуникаций и сооружения на них);

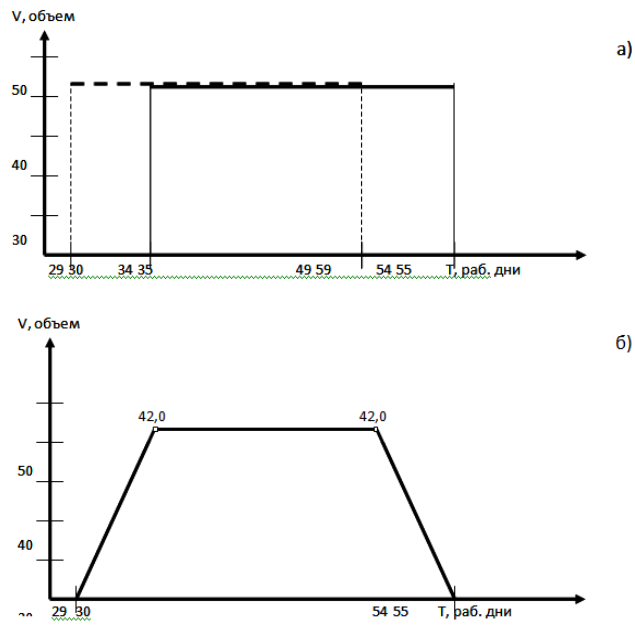


Рисунок 40 – Равномерный график расхода строительных материалов и изделий (дифференциальный): а – расход, б – поставка

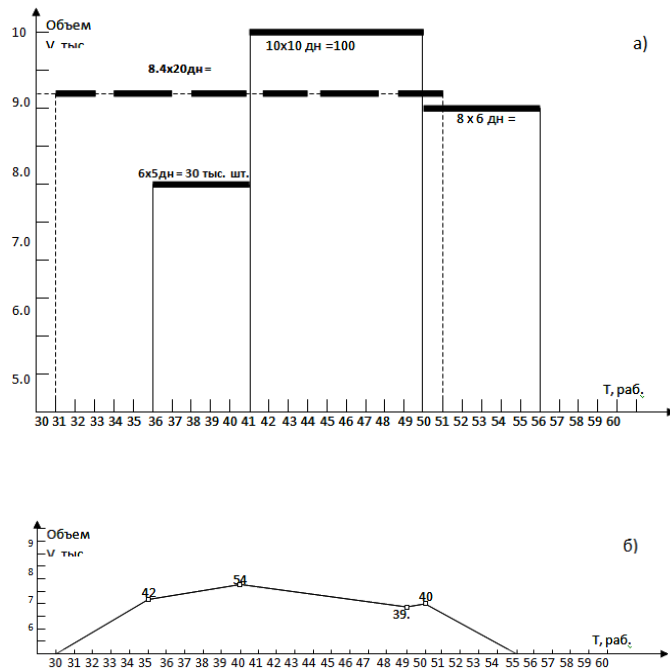


Рисунок 41 – Оптимизация операционно-технологического потока поставки строительных материалов, изделий и полуфабрикатов за счёт сбалансированной поставки при неравномерном потреблении (интегральный): а – расход, б – поставка

– определяются оперативно-технологические связи строительно-монтажных процессов, при которых существует возможность параллельно-поточного применения одних и тех же строительных машин и механизмов.

Аналогичные способы оптимизация применяются и при выполнении календарного планирования методом сетевого моделирования (рисунок 42) и методом циклограмм (рисунок 43) [51 – 59].

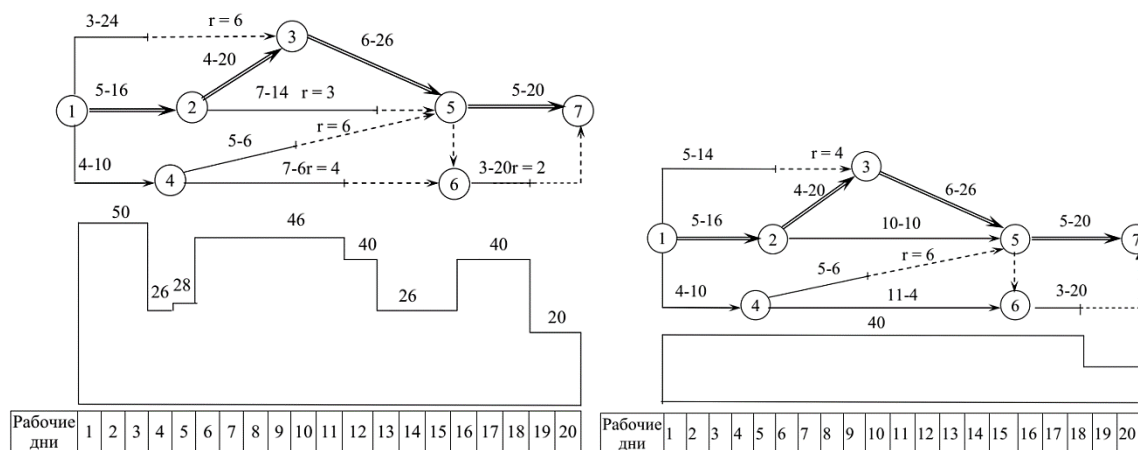


Рисунок 42 – Оптимизация операционно-технологического потока движения строительно-монтажного персонала при сетевом моделировании календарного проектирования (справа – оптимизированный вариант)

Также для оптимизации календарного планирования используются современные технические возможности по анализу и матричному расчёту операционно-технологических строительных потоков, которые выражаются в следующих метода [51 – 59]:

- метод критического пути (МКП);
- метод непрерывного использования ресурсов (МНИР);
- метод непрерывного освоения фронтов работ (МНОФ).

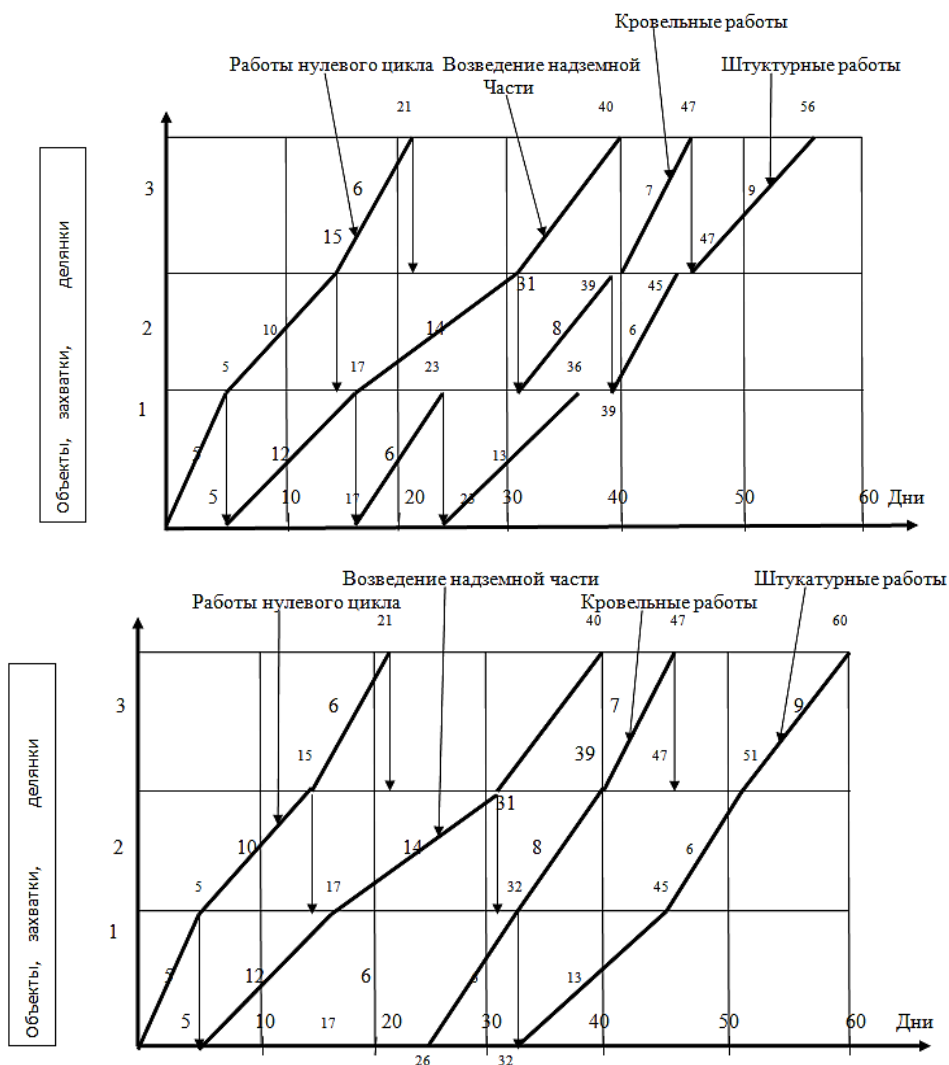


Рисунок 43 – Оптимизация операционно-технологического потока движения строительно-монтажного персонала при циклограммном календарном проектировании (внизу – оптимизированный вариант)

МКП предусматривает выявление наиболее важных технологических процессов, выполнение которых оказывает наибольшее влияние на продолжительность строительно-монтажного производства (рисунок 44).

Поток с критическими работами формируется и рассчитывается с учетом ресурсных и фронтальных связей. Продолжительность этого потока определяется суммой продолжительностей критических работ, составляющих критический путь (рисунок 44) [51 – 59]:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij}^{kp} .$$

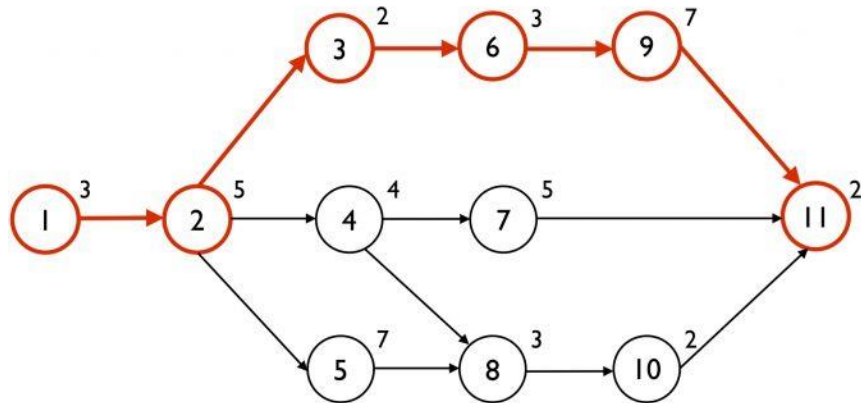
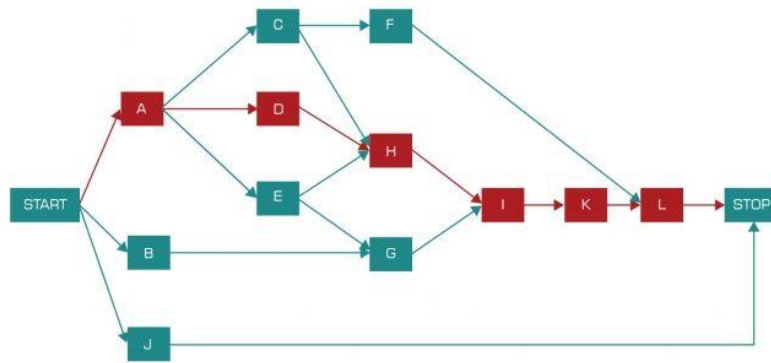


Рисунок 44 – Принципиальная схема определения критического пути при календарном планировании технологических процессов

Ранние сроки работ →

ОФР	А	Б	В	Г
I	0 4 4 4 0 4	4 6 2 6 4 6	6 13 7 13 6 13	13 18 5 27 22 27
II	4 9 5 10	9 12 3 13 10 13	13 22 9 22 13 22	22 28 6 33 27 33
III	9 12 17 20	12 14 2 22 20 22	22 30 8 30 22 30	30 33 3 36 33 36
IV	12 16 23 27	16 19 3 30 27 30	30 36 6 36 30 36	36 40 4 40 36 40

← Поздние сроки работ

$T=4+2+7+9+8+6+4=40$

Рисунок 45 – Пример матричного календарного планирования по технологии МКП

Метод непрерывного использования ресурсов (МНИР) обеспечивает непрерывное производство близких строительно-технологических процессов.

Определение периода развертывания последующего вида работ относительно предыдущего (величину сдвига) для каждого фронта работ производится с целью исключения коллизии последующего вида работ на предыдущий вид работ. В качестве расчетного значения периода развертывания  $j$ -го вида работ ( $T_j^p$ ) принимается максимальное значение периода развертывания данного вида работ применительно к  $i$ -му фронту ( $T_{ij}^p$ ):

$$T_j^p = \max T_{ij}^p, \quad (1)$$

$$T_{ij}^p = \sum_{q=1}^i t_{q(j-1)} - \sum_{q=1}^{i-1} t_{qj}, \quad (2)$$

где  $t_{q(j-1)}$  – продолжительность работ предшествующего вида ( $j-1$ ) на  $q$ -ом частном фронте;

$t_{qj}$  – продолжительность выполнения рассматриваемого вида работ ( $j$ ) на  $q$ -ом частном фронте.

Продолжительность потока ( $T$ ) определяется как сумма периодов развертывания видов работ ( $T_j^p$ ) и продолжительности работ последнего вида ( $t_{im}$ ) (рисунок 46) [51 – 59]:

$$T = \sum_{j=2}^m T_j^p + \sum_{i=1}^n t_{im}. \quad (3)$$

Метод непрерывного освоения фронтов работ (МНОФ) отличается от предыдущего метода (МНИР) обеспечением нулевого растяжения не ресурсных, а фронтальных связей.

Продолжительность потока с непрерывным освоением фронтов равна сумме периодов, развертывания второго и последующих фронтальных комплексов работ и продолжительности работ последнего фронтального комплекса [51 – 59] (рисунок 47):

$$T = \sum_{i=2}^n T_i^p + \sum_{j=1}^m t_{nj} \quad (4)$$



Рисунок 46 – Пример матричного календарного планирования по технологии МНИР



Рисунок 47 – Пример матричного календарного планирования по технологии МНОФ



Таким образом, существуют математические модели оптимизации календарного планирования, использование которых повышает эффективность технолого-операционных параметров строительно-монтажного производства.

Используя ситуационный подход для организации строительного производства высотного объекта, возможно, добиться оптимизации сроков продолжительности строительно-монтажных работ, получить снижение материальных и экономических затрат.

## **2 Исследование и анализ календарных планов как элемента организационно-технологического планирования при возведении высотных зданий**

### **2.1 Анализ и моделирование организационно-технологических мероприятий при календарном планировании. Дополнение классификации календарных планов в строительстве**

Математические модели календарного плана, обозначенные в п. 1.4 настоящей МД, позволяют выполнить оптимизацию процесса планирования строительного производства путём введения технологии объединения выделенных строительно-монтажных потоков.

Согласно анализу публикаций авторов [60 – 69], комплексный поток – сложноустроенная организационно-технологическая связанность объектных потоков, которые разрабатывают для строительного производства комплекса объектов: промышленных зданий одного предприятия, типовых домов массовой застройки жилых массивов (микрорайонов), многоярусных (многоэтажных) высотных зданий, уникальных зданий, прочее.

Расчёт комплексных потоков аналогичен расчёту объектного потока (рисунок 48) [60 – 69].

Общая продолжительность комплексного потока определяется зависимостью:

$$T_0 = T_1 + (N - 1) \times t, \quad (5)$$

где  $T_1 = \sum_{i=1}^b K_i \times b_i$  – период развёртывания потока.

Также возможно сетевое календарное проектирование строительного-монтажного производства комплекса типовых объектов, которое аналогично

обозначенному проектированию для объектного потока (рисунок 49) [60 – 69].



Условные обозначения:

- — кирпичная кладка
- ..... — заполнение оконных проёмов
- — монтаж покрытия

Рисунок 48 – Циклограмма комплексного потока

$T_{разв.} = T_1$  – период развёртывания объектного потока;  $T_{уст.}$  – установившийся объектный поток;  $T_{св.}$  – период свёртывания объектного потока;  $T_0$  – продолжительность комплексного потока;  $N$  – количество типовых объектов, которые возводятся в комплексном потоке;  $b$  – количество звеньев;  $a$  – число строительных процессов в потоке;  $t$  – шаг потока;  $K$  – ритм работы звена на фронте работ;  $T_2$  – период выпуска готовой продукции

Анализ публикаций авторов [60 – 69], позволяет установить методологические основы календарного планирования строительного производства, с выделением основной методической единицы –

строительного потока. Комплексный поток входит в общую классификацию строительных потоков (рисунок 50).

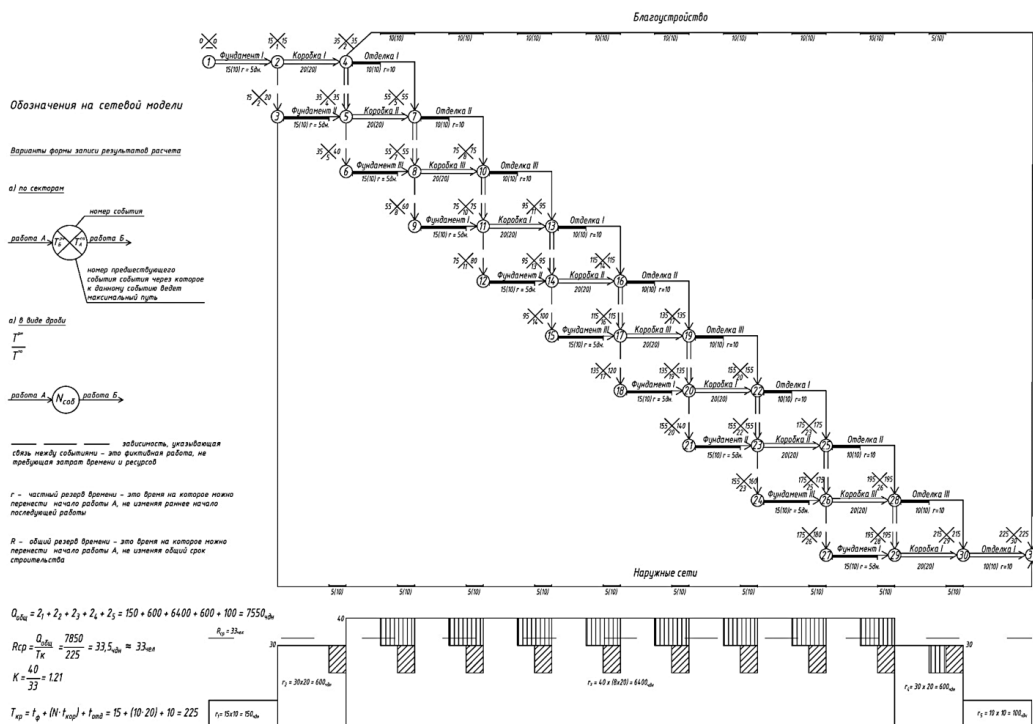


Рисунок 49 – Пример комплексного потока строительного-монтажного производства комплекса типовых строительных объектов

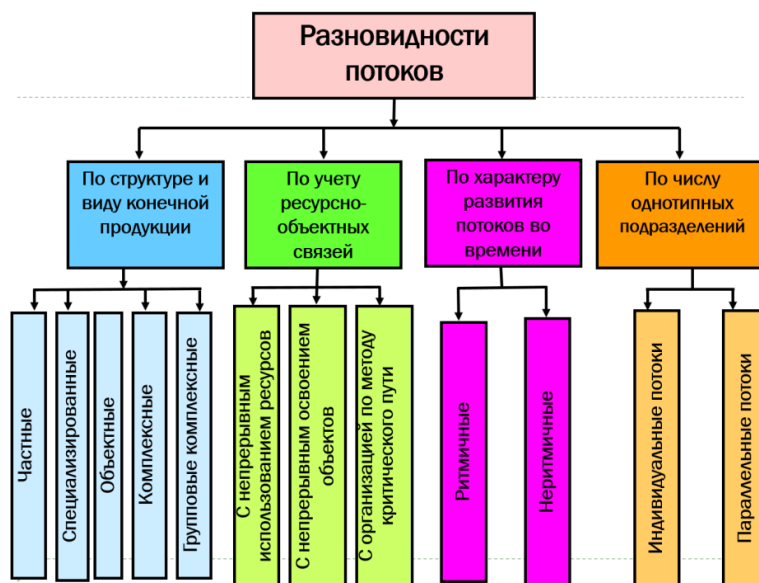


Рисунок 50 – Классификация строительных потоков

При организации строительства комплекса объектов используют различные методы, которые устанавливаются исходя из проектных решений, организации снабжения строительного производства основными технологическими потоками: строительным персоналом, строительными изделиями и материалами, специализированной строительной техникой, механизмами и приспособлениями, энергоресурсами, прочее.

Принципиально выделяют следующие виды организации строительства комплекса объектов [60 – 69]:

- параллельный метод (рисунок 51);
- последовательный метод (рисунок 52);
- поточный метод (рисунок 53).

При этом для формирования визуализации принципиальных подходов к организации строительного производства используются следующие обозначения (рисунки 51 – 53):  $t$  – время возведения одного типового объекта в комплексе;  $T$  – период полного возведения комплекса объектов;  $m$  – количество типовых строительных объектов, включённых в комплекс.

Авторами [60 – 69], на основании принципиальных различий данных подходов в организации строительного производства комплекса типовых строительных объектов определены характерные преимущества и недостатки каждого из представленных методов, что продемонстрировано в таблице 5.

Также, авторами [60 – 69] выявлено, что применение поточного метода организации строительного производства комплекса строительных объектов в сравнении с прочими организационно-технологическими методами в медианном выражении позволяет добиться улучшения показателей. Сокращение потерь рабочего времени – до 23 %; сокращение времени простоя строительных машин и оборудования – до 19 %; снижение удельной себестоимости конечных показателей строительного производства – до 15 %; повышение производительности труда

привлеченного строительного персонала – до 40 %; сокращение сроков строительства – до 1,8 раза.

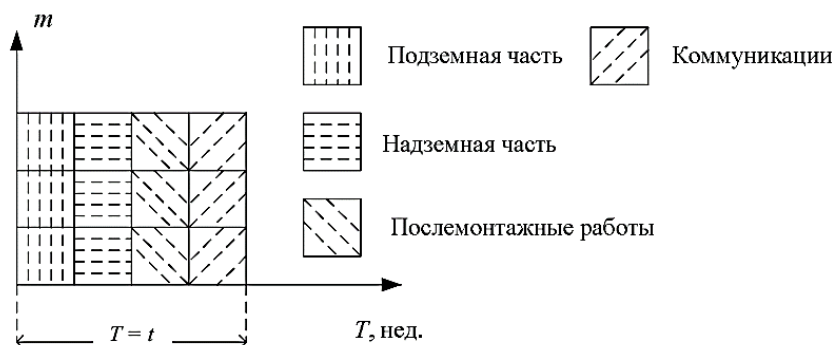


Рисунок 51 – Параллельный метод организации строительного-монтажного производства комплекса строительных объектов

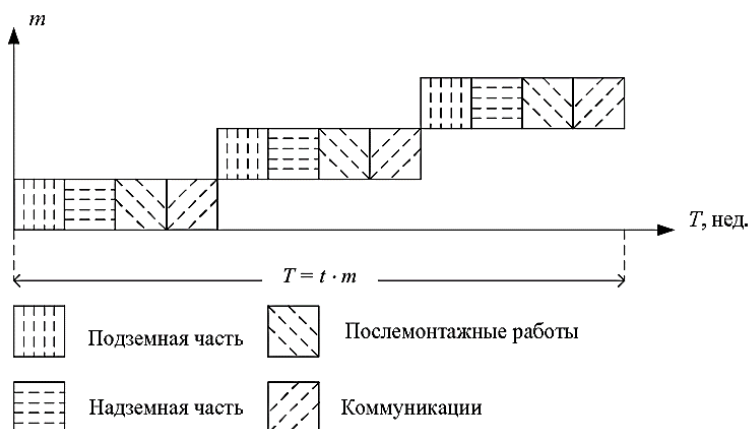


Рисунок 52 – Последовательный метод организации строительного-монтажного производства комплекса строительных объектов

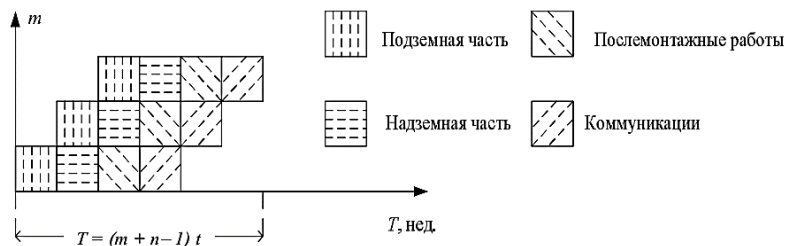


Рисунок 53 – Поточный метод организации строительного-монтажного производства комплекса строительных объектов

Таблица 5 – Сравнительный анализ методов организации строительного производства для комплекса типовых объектов

Метод строительства	Продолжительность строительства	Достоинства	Недостатки
Параллельный метод	$T = t$	Короткая продолжительность строительства	Большая потребность в материальных ресурсах
Последовательный метод	$T = t \cdot m$	Небольшая потребность в материальных ресурсах	Большая продолжительность строительства
Поточный метод	$T = (m + n - 1) t$	Более короткая продолжительность строительства, равномерный характер распределения материально-технических ресурсов	–







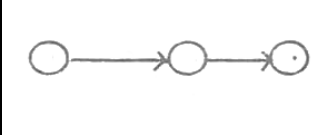
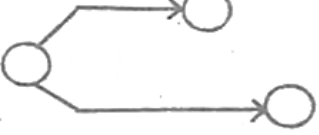

Внутреннюю структуру поточного строительного производства более точно отражает классификация строительных потоков, приведенная по специализированным признакам (рисунок 32), более узконаправленным в сравнении с классификацией, представленной на рисунке 54 [60 – 69].



Рисунок 54 – Узконаправленная специальная классификация строительных потоков

Для графического представления календарной последовательности работ использую основные графические методы [60 – 69]: линейный график, циклограмма, сетевой график, принципиальное представление которых представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Методы графического представления календарного плана

Форма графического представления	Порядок выполнения строительных процессов		
	Последовательный	Параллельный	Совмещенный
Линейный график			
Циклограмма			
Сетевой график			

Для календарного проектирования строительно-монтажного производства высотных строительных объектов с помощью комплексных потоков целесообразно использование циклографического представления, при этом базовое понятие циклограммы выходит из представления объектного строительного потока в координатах времени-пространства (что является принципиальным отличием от классического представления в виде календарного план-графика). В данном случае, с целью обеспечения удобочитаемости графика, работы кодируются отдельными символами (на рисунке 55 – А, Б, В, Г: земляные работы, свайные работы, монтаж



ограждающих конструкций, прочее), а также устанавливают логические фронты работ – ярусы, захваты (на рисунке 55) [60 – 69].

При этом циклографическое представление строительных потоков в строительно-монтажном производстве позволяет определять продолжительности задействования каждого из звена строительно-монтажного персонала в развёртке общего периода строительства. Фиксирование пространственно-временного пребывания звеньев строительного персонала позволяет определять точки увязки – моменты окончания текущего объектного строительного потока и начала следующего.

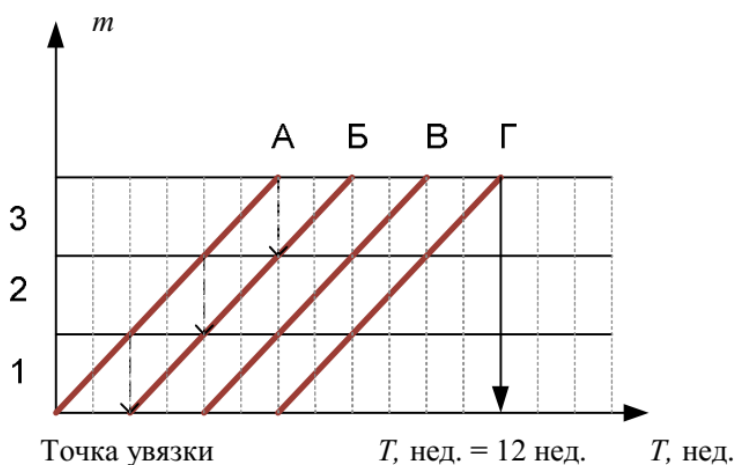


Рисунок 55 – Принципиальное циклографическое представление строительно-монтажного производства

Относительно организации строительства комплекса в качестве логических этапов целесообразно укрупнённое деление на типовые объекты.

Одним из основных параметров строительного потока (в т. ч. и комплексного) является – ритм.

Согласно классификации строительных потоков, представленной на рисунке 50, выделяют ритмичный, кратко ритмичный и неритмичный потоки во внутренней организации строительно-монтажного производства.

Ритмичный строительный поток подразумевает равномерное распределение времени и ресурсов строительного производства, при этом,

для данного вида организации строительного производства характерно, что ритм строительного потока равен шагу строительного потока, а также что ни одно звено из привлекаемого к строительству персонала не простаивает. Принципиальная циклограмма ритмичного строительного потока представлена на рисунке 56 [60 – 69].

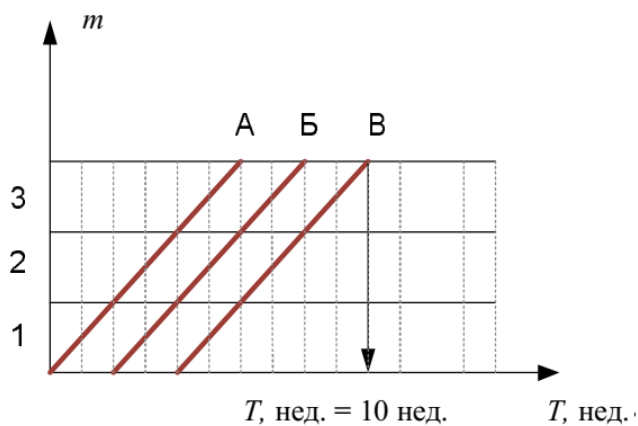


Рисунок 56 – Принципиальное циклографическое представление ритмичного строительного потока

В общий шаг ритмичного строительного потока, при необходимости внедряют технологий перерыв (рисунок 57), необходимый для подготовки последующего строительного потока.

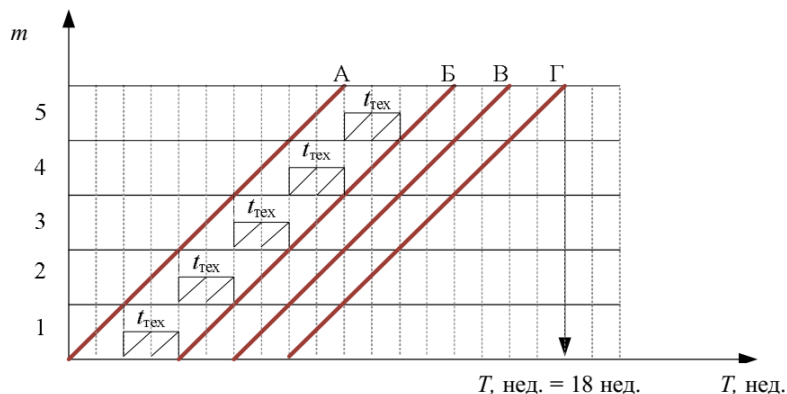


Рисунок 57 – Принципиальное циклографическое представление ритмичного строительного потока с учётом указания времени технологического перерыва

Строительный поток в кратно ритмическом исполнении содержит структурные составляющие, организованные по кратной схеме, которые, однако же, не являются равными (рисунок 58). Кратно ритмический строительный поток характеризуется следующими организационно-технологическими особенностями: увязка строительных потоков должна предусматривать отсутствие одновременного нахождения смежных строительных процессов на одном участке (захватке/ярусе/объекте); организация строительного потока в данном методологическом исполнении должна обеспечивать непрерывность рабочего времени звеньев, привлекаемого строительного персонала; ритмы работы звеньев должны быть кратными друг другу; в структуру строительных потоков в данном представлении вводится организационно-технологическое время (перерыв) используемый в качестве времени подготовки звеньев строительного персонала для обеспечения их непрерывной работы. Возможно, приведение кратно ритмического строительного потока к единому минимальному ритму, путём введения дополнительных звеньев привлекаемого строительного персонала для работ с ритмами большой величины. Также в циклографическое представление строительно-монтажного производства в кратно ритмическом методологическом исполнении фиксируют звенья (бригады) привлекаемого строительного персонала и организационно-технологическое подготовительное время (рисунок 58) [60 – 69].

На практике достаточно часто встречается организация строительно-монтажного производства в неритмичном методологическом представлении (рисунок 60), при этом неритмический строительный поток не имеет единого ритма, а увязка отдельных потоков организовывается графическим методом (рисунок 61) [60 – 69].

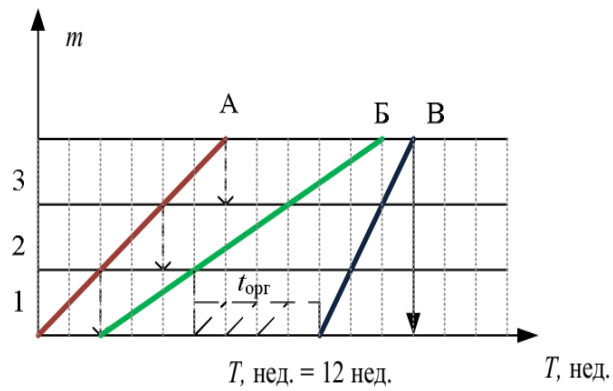


Рисунок 58 – Принципиальное циклографическое представление кратко ритмичного строительного потока

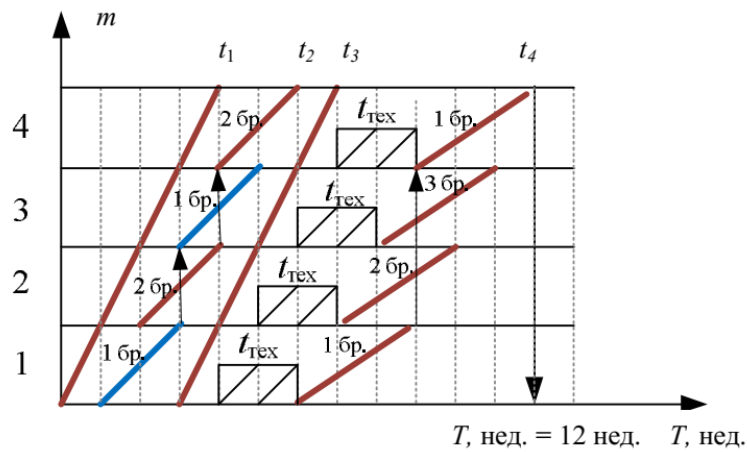


Рисунок 59 – Принципиальное циклографическое представление кратко ритмичного строительного потока с фиксацией звеньев (бригад) привлекаемого строительного персонала и организационно-технологического подготовительного времени

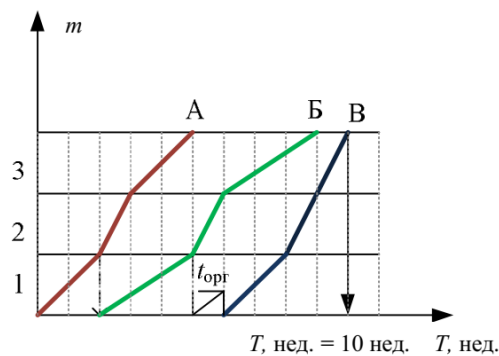


Рисунок 60 – Принципиальное циклографическое представление неритмичного строительного потока

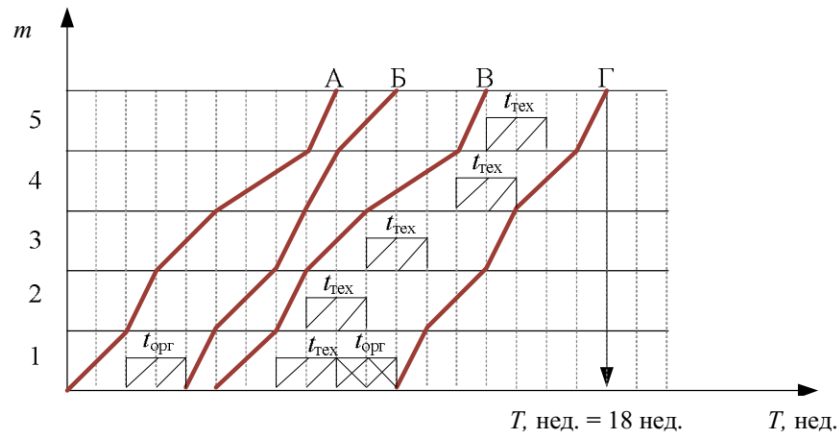


Рисунок 61 – Принципиальное циклографическое представление неритмичного строительного потока с увязкой объектных потоков графическим методом

Расчёт основных технолого-организационных параметров неритмичного строительного потока производится подбором – методом «проб и ошибок» (рисунок 62) [60 – 69].

№ спец. потока	Наименование специализированного потока	Продолжительность по участкам, нед.		
		1	2	3
1	Устройство нулевого цикла	2	3	2
2	Монтаж каркаса	1	2	3
3	Устройство кровли	2	2	1
4	Устройство бетонных полов	3	2	2
5	Сантехнические работы	2	1	2
6	Электромонтажные работы	1	1	1
7	Отделочные работы	4	3	2
8	Благоустройство и озеленение	–	–	2

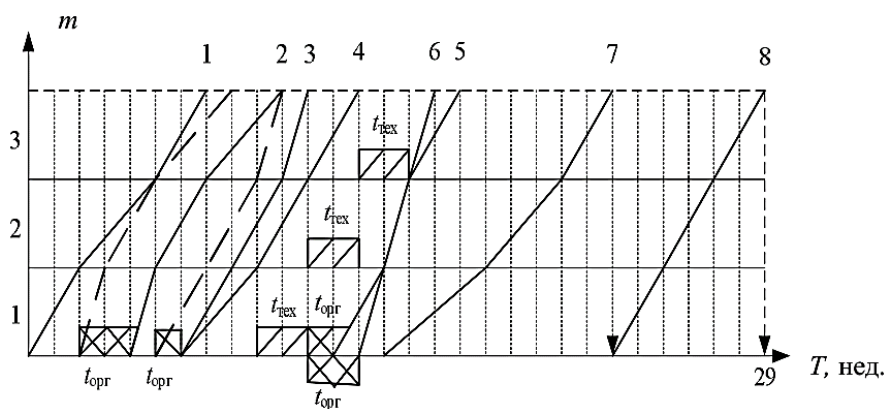


Рисунок 62 – Пример реализации метода подбора для неритмичного потока

## 2.2 Оценка наиболее значимых факторов, влияющих на качество календарного планирования при возведении зданий

Как обозначено в п. 1.4 настоящей МД, нормативная продолжительность строительного производства (в частности, по устройству объектов жилого фонда), регламентируется положениями: СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50].

СНиП 1.04.03–85\* [47], в частности, определяет численный метод расчёта нормативной продолжительности производства строительномонтажных работ в виде семейства эмпирических зависимостей:

$$\begin{cases} T_n = A_1 \times \sqrt{C} + A_2 \times C; \\ T_n = A_1 \times \sqrt{C} + A_2; \\ T_n = A_1 \times C + A_2. \end{cases} \quad (6)$$

где  $C$  – объектная стоимость строительномонтажного производства, определённая в ценах на период составления СНиП 1.04.03–85\* [47];

$A_1, A_2$  – эмпирико-статистические коэффициенты, установленные в таблице ПРИЛОЖЕНИЕ 3 СНиП 1.04.03–85\* [47].

СНиП 1.04.03–85\* [47] также определяет параметр степень готовности строительного объекта на контрольную дату:

$$K = \frac{C_n}{C} \times 100\%, \quad (7)$$

$C_n$  – стоимость законченного объема строительномонтажного производства на контрольную дату.

По полученному значению степени готовности по ПРИЛОЖЕНИЮ 5 СНиП 1.04.03–85\* [47] устанавливается порядковый номер месяца года, на

основании данных которого устанавливается нормативная продолжительность до окончания строительного производства:

$$T_n = T - t_H. \quad (8)$$

На основании данных положений СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50], выполним анализ нормативной продолжительности строительного производства по устройству строительных объектов жилого назначения в монолитно-конструктивном исполнении, как наиболее типовом решении для современных методов массового строительства [60 – 69].

В результате анализа нормативной продолжительности строительства объектов жилого назначения, в монолитно-конструктивном исполнении (рисунок 63) получено уравнение прогнозирования нормативного времени строительного производства, определяющее время законченного строительства от этажности монолитного жилого дома:

$$T = 0,1628 \times \mathcal{E}^2 + 0,039 \times \mathcal{E} + 1,2378, \text{ мес.} \quad (9)$$



Рисунок 63 – Анализ нормативных продолжительностей строительства объектов жилого назначения в монолитно-конструктивном исполнении

Полученное выражение сходно с нормативным обозначенным в СНиП 1.04.03–85\* [47] с учётом корреляционных коэффициентов, следовательно, может быть с определённой точностью применено для прогноза завершения строительного-монтажного производства при возведении объектов жилого фонда в монолитно-конструктивном исполнении.

Авторами [60 – 69] также получено сравнительные функциональные зависимости для строительных объектов жилого назначения различного конструктивного исполнения. На основании, которых выделено понятие «быстровозводимые», которое определяет относительный период завершения строительного-монтажных работ по возведению исследуемых объектов жилого фонда с учётом локальных условий на строительной площадке на основании данных СНиП 1.04.03–85\* [47] (таблица 7, рисунок 64).

Таблица 7 – Нормативные периоды возведения объектов различных строительных систем по СНиП 1.04.03–85\* [47]

Технология процессов	Двухэтажное здание				Одноэтажное здание
	150 м <sup>2</sup>	250 м <sup>2</sup>	500 м <sup>2</sup>	750 м <sup>2</sup>	100 м <sup>2</sup>
Монолитное	6,4	8	9,6	10,4	4,8
Объемно-блочное	3,2	3,2	4,8	4,8	2,4
Кирпичное и из мелких блоков	6,4	8,8	10,4	11,2	4,8
Крупнопанельное	4,8	5,6	6,4	8	3,2
Деревянное каркасное	4,8	7,2	8,8	10,4	3,2
Крупноблочное	4,8	6,4	7,2	8,8	3,2
Деревянное панельное	4,8	6,4	7,2	9,6	3,2
Деревянное брусчатое	6,4	8,8	10,4	10,4	4,8

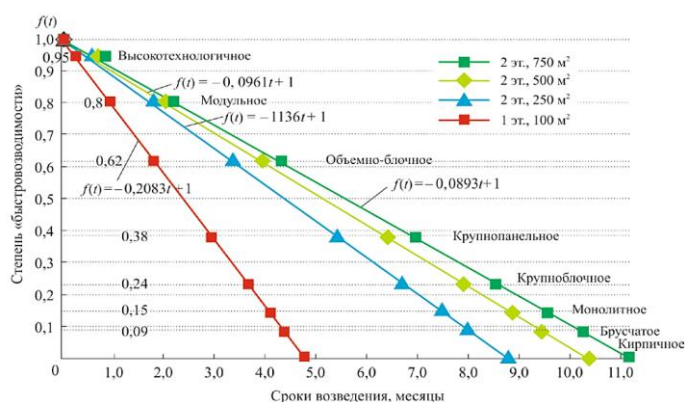


Рисунок 64 – Дифференциация строительных объектов (по таблице 7) относительно параметра «быстровозводимые»



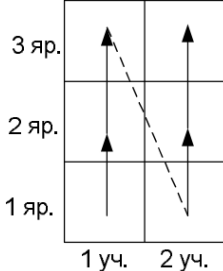
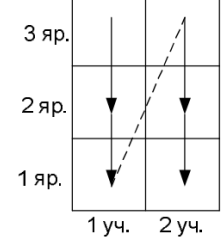
Таким образом, установлено влияние нормативной продолжительности строительно-монтажного производства на методы календарного планирования и определение конечной даты сдачи объекта капитального строительства в эксплуатацию.

При календарном планировании многоэтажных строительных объектов и комплексов вводится понятие многоярусного потока, где под ярусом понимают 2-3 типовых этажа [60 – 69].

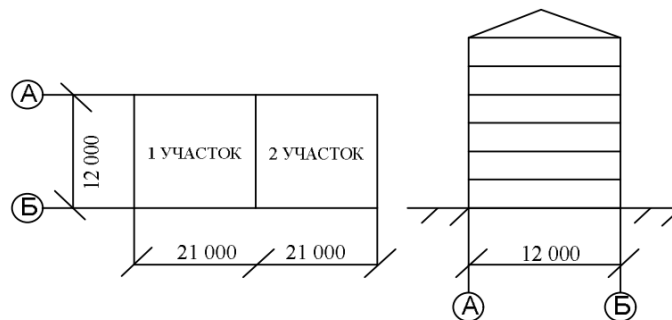
Схемы движения, используемые для многоярусного строительного потока, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Схемы движения, используемые для многоярусного строительного потока

№ п/п	Наименование	Графическое представление	Назначение
1	Горизонтальная схема		Используется для организации строительных потоков сооружения подземной части здания и кровли
2	Горизонтально-восходящая схема		Используется для организации строительно-монтажных работ, за исключением сантехнических работ
3	Горизонтально-нисходящая схема		Используется для организации строительно-монтажных работ, за исключением сантехнических работ

4	Вертикально-восходящая схема		Используется для организации строительного-монтажных работ
5	Вертикально-нисходящая схема		Используется для организации строительного-монтажных работ

Отличие обозначенных схем движения проиллюстрированы на рисунках ниже [60 – 69].



Код работы	Наименование работ	Продолжительность, мес.			
		1 участок		2 участок	
		1 ярус	2 ярус	1 ярус	2 ярус
А	Кирпичная кладка наружных стен	1	1	1	2
Б	Кирпичная кладка внутренних стен	2	2	1	1
В	Укладка перемычек	1	1	1	1
Г	Кирпичная кладка перегородок	1	1	1	1
Д	Укладка плит перекрытия	2	1	2	1
Е	Установка балконных плит	1	1	1	1
Ж	Установка лестничных маршей и площадок	2	1	1	2

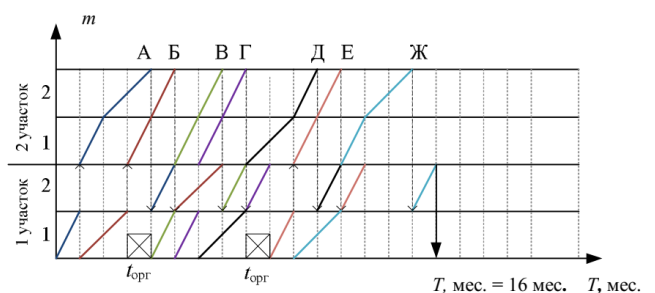
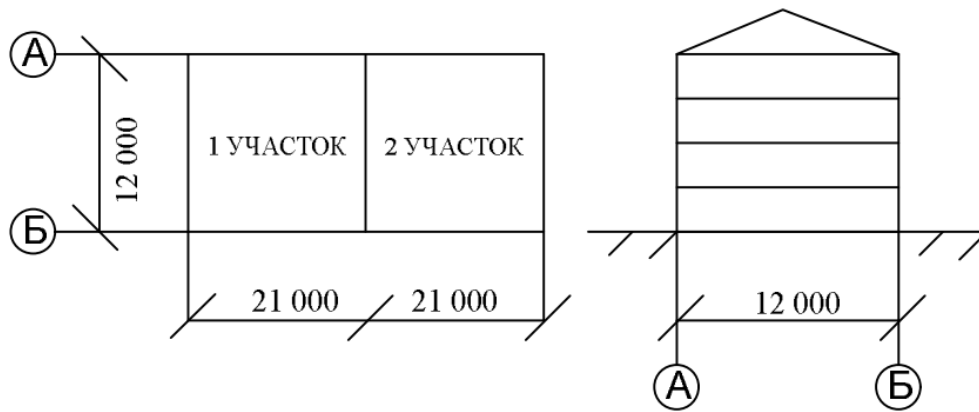


Рисунок 65 – Принципиальный пример реализации горизонтально-восходящей схемы многоярусного строительного потока



Код работы	Наименование работ	Продолжительность, нед.			
		1 участок		2 участок	
		1 ярус	2 ярус	1 ярус	2 ярус
А	Затирка бетонных поверхностей	2	1	2	1
Б	Штукатурка стен	1	1	1	1
В	Устройство бетонных полов	1	2	2	1
Г	Устройство напольного покрытия	1	2	1	1
Д	Малярные работы	2	2	2	2
Е	Устройство подвесных потолков	1	1	1	1

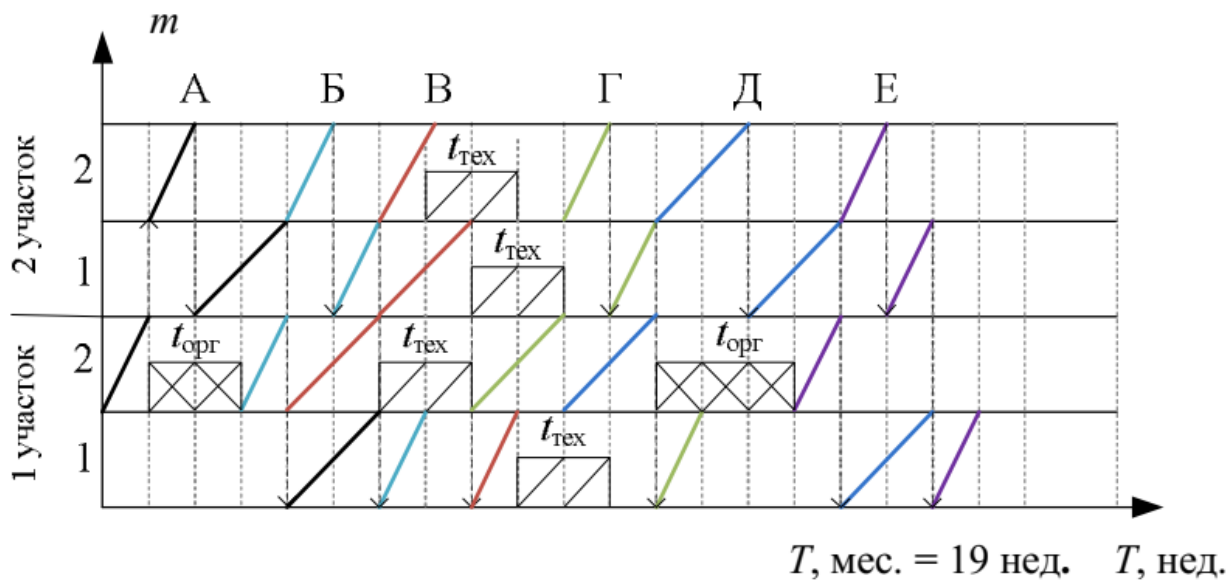
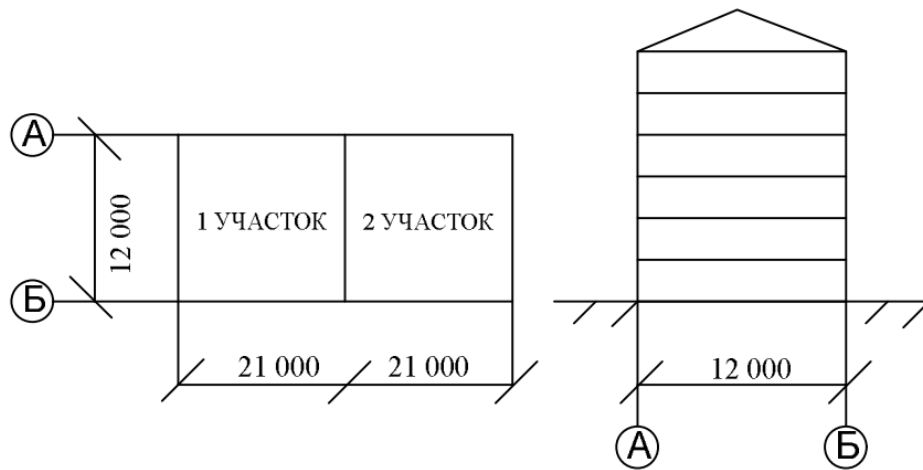


Рисунок 66 – Принципиальный пример реализации горизонтально-нисходящей схемы многоярусного строительного потока



Код работы	Наименование работ	Продолжительность, нед.			
		1 участок		2 участок	
		1 ярус	2 ярус	1 ярус	2 ярус
А	Монтаж колонн	1	1	2	1
Б	Монтаж ферм и плит покрытия	1	1	1	2
В	Монтаж стеновых панелей	2	1	1	1
Г	Устройство кровли	–	2	–	2
Д	Остекление	1	1	1	1
Е	Сантехнические работы 1-го цикла	2	1	2	1
Ж	Электромонтажные работы 1-го цикла	1	1	2	3
З	Отделочные работы 1-го цикла	2	2	2	2
И	Устройство бетонного пола	2	2	2	2
К	Отделочные работы 2-го цикла	1	2	2	1

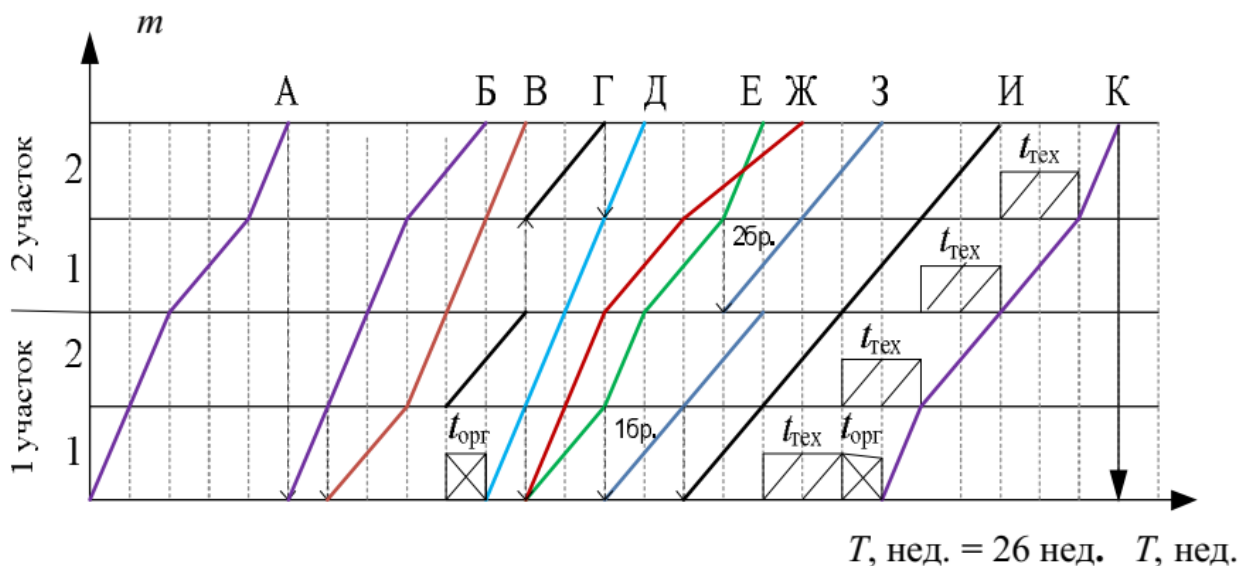
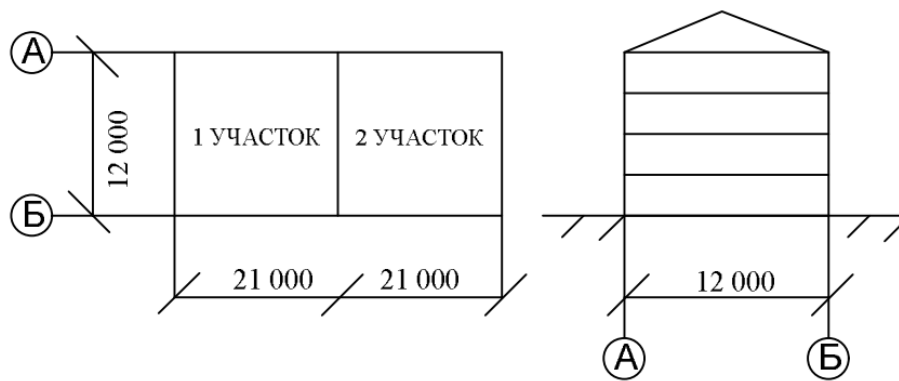


Рисунок 67 – Принципиальный пример реализации вертикально-восходящей схемы многоярусного строительного потока



Код работы	Наименование работ	Продолжительность, нед.			
		1 участок		2 участок	
		1 ярус	2 ярус	1 ярус	2 ярус
А	Затирка бетонных поверхностей	2	1	2	1
Б	Штукатурка стен	1	1	1	1
В	Устройство бетонных полов	1	2	2	1
Г	Устройство напольного покрытия	1	2	1	1
Д	Малярные работы	2	2	2	2
Е	Устройство подвесных потолков	1	1	1	1

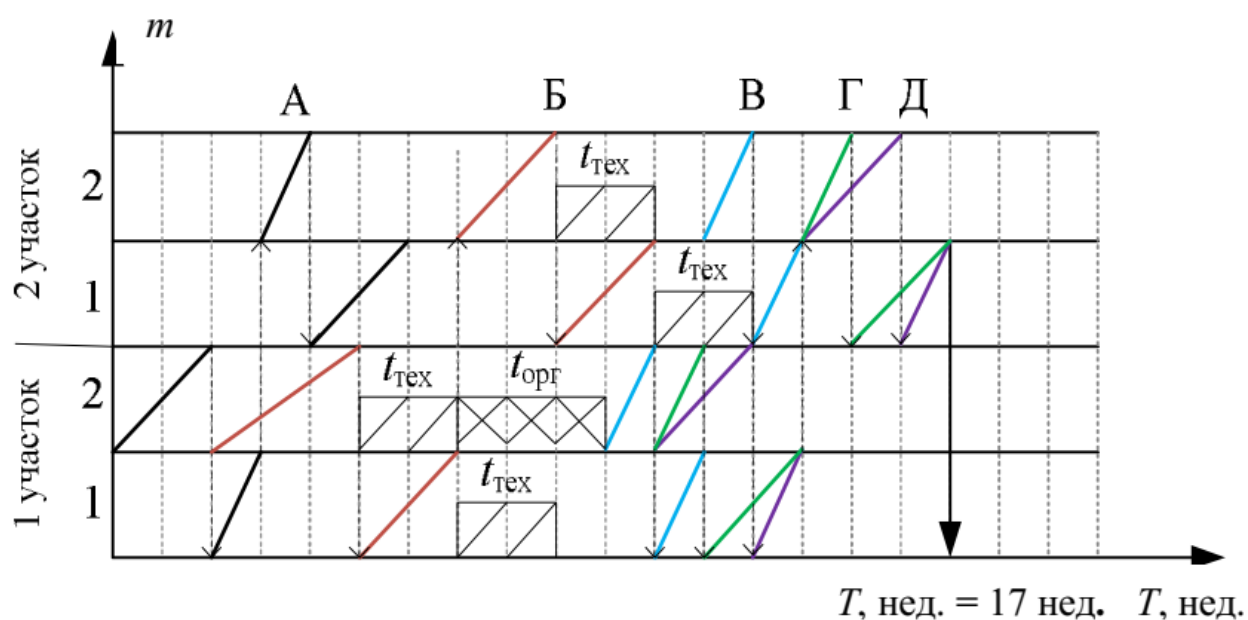


Рисунок 68 – Принципиальный пример реализации вертикально-нисходящей схемы многоярусного строительного потока

При календарном планировании переход от линейного представления в циклографическое представление осуществляется по схемам, представленным на рисунках ниже [60 – 69].

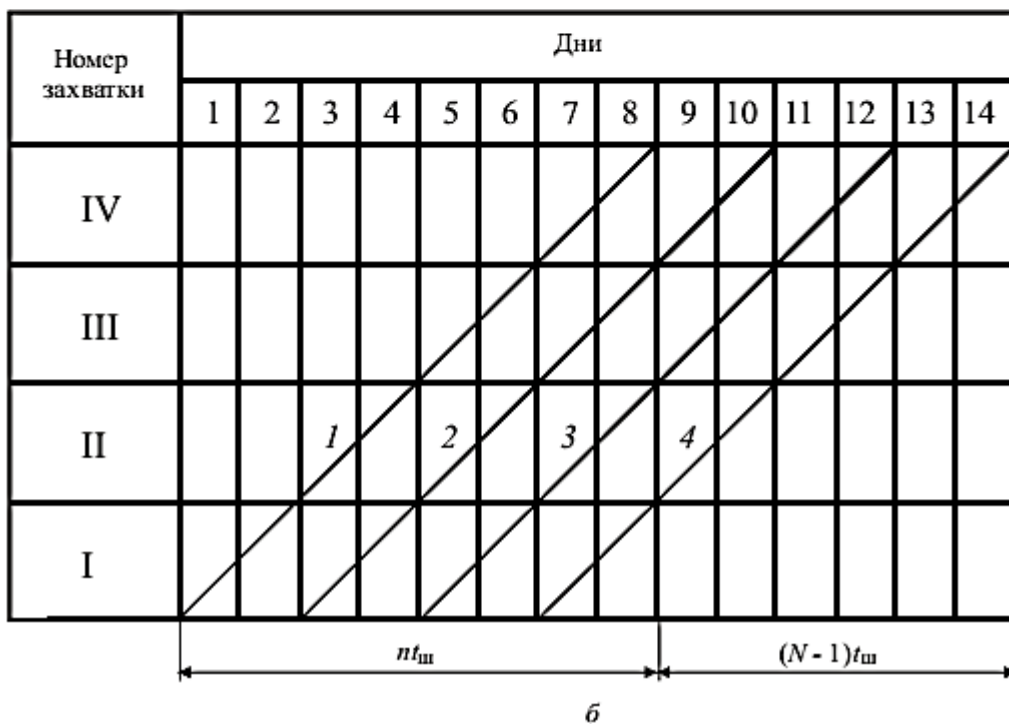
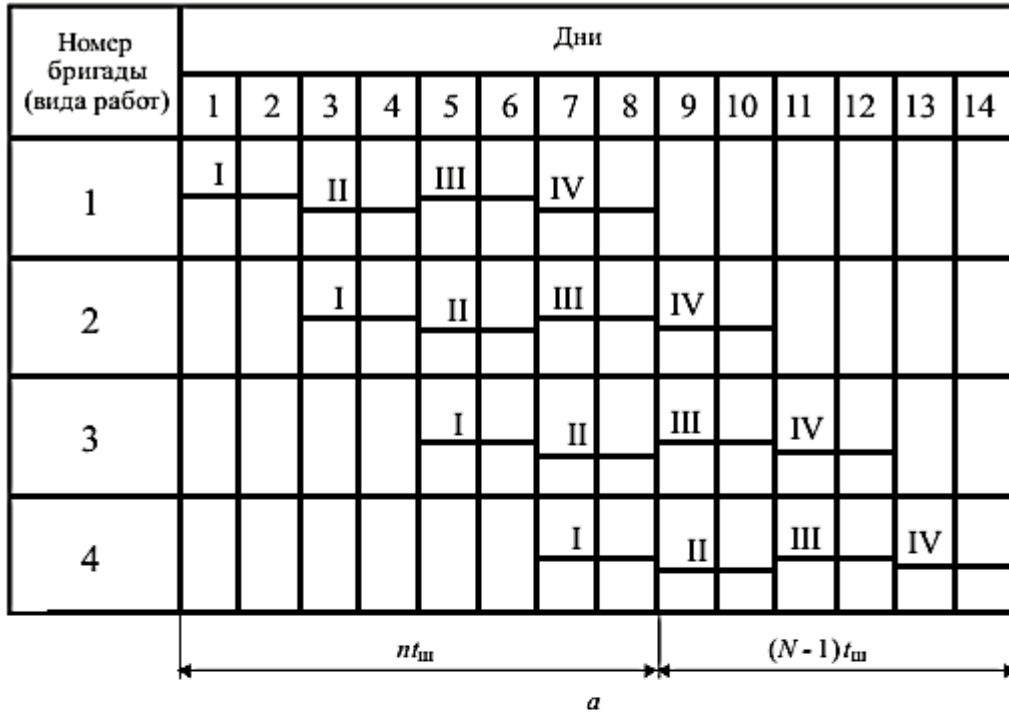


Рисунок 69 – Переход от линейного представления (а) в циклографическое представление (б) для ритмичного строительного потока

Номер бригады (вида работ)	Дни																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	I		II		III		IV															
2			I		II		III		IV													
3						I			II			III			IV							
4															I		II		III		IV	

*a*

Номер захватки	Дни																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
IV																						
III					1		2						3						4			
II																						
I																						

*b*

Рисунок 70 – Переход от линейного представления (а) в циклографическое (б) для кратно ритмичного строительного потока

Номер бригады (вида работ)	Дни															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	I		II		III		IV									
2			I		II		III		IV							
3,а						I				III						
3,б								II				IV				
4									I		II		III		IV	

*a*

Номер захватки	Дни															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IV												3,б				
III										3,а						
II			1		2			3,б			4					
I						3,а										

*б*

Рисунок 71 – Переход от линейного представления (а) в циклографическое представление (б) для кратно ритмичного строительного потока с введением параллельно работающих звеньев (бригад) строительного персонала, происходящих строительные-монтажные технологические процессы



Номер бригады (вида работ)	Дни																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	I		II		III		IV																
2			I			II			III			IV											
3						I				II			III				IV						
4																I		II		III		IV	

*a*

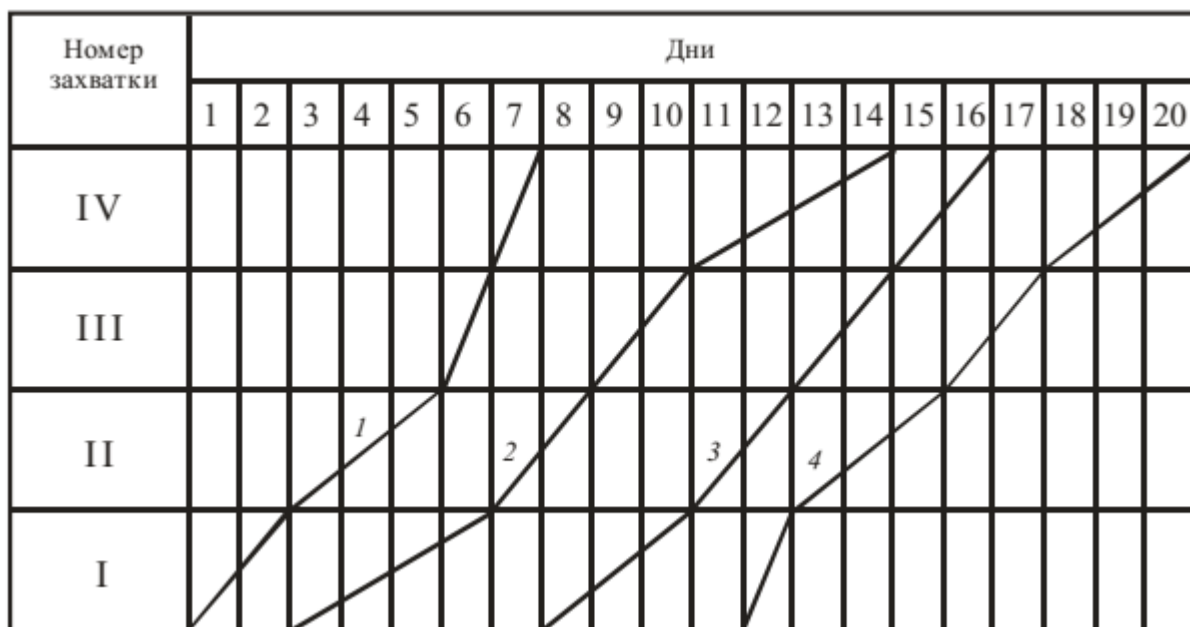


Рисунок 72 – Переход от линейного представления (а) в циклографическое представление (б) для неритмичного строительного потока

### 2.3 Разработке методики корректировки календарного плана на возведения высотных зданий на основе ситуационного подхода

Для случая организации строительства высотных строительных объектов целесообразно применять технологию объединения строительных потоков, предусматривающую оптимальную организацию объектных

строительных потоков для выделенных объектов капитального строительства по следующим методам [60 – 69].:

- комбинирование строительных потоков с сохранением объектных потоков для каждого выделенного объекта капитального строительства, состоящего в составе выделенного комплекса: метод комбинированных потоков (КПК);

- обеспечение непрерывного строительного производства, при котором привлекаемые комплекты бригад строительно-монтажного персонала без технологических пауз переходят на освоение фронтов следующего объектного потока по завершению текущего, что приводит к изменению структуры объектных потоков для выделенных объектов капитального строительства: метод агрегированных потоков (КПА);

- полное изменение структуры объектных потоков выделенных объектов капитального строительства с целью оптимизации и минимизации (уплотнения) продолжительности строительно-монтажного производства в объеме всего комплексного потока: метод уплотнённых потоков (КПУ).

Учитывая целесообразность организации управления объектными строительными потоками для выделенных объектов капитального строительства, целесообразно использовать технологию объединения объектно-строительных потоков с выделением оптимального из представленных методов реализации (КПК, КПА, КПУ).

По результатам моделирования определяется наиболее целесообразный метод оптимизации линейного календарного плана возведения высотного строительного объекта с использованием технологии объединения ярусных строительных потоков.

### **3 Разработка проекта оптимизации строительного производства**

#### **3.1 Выбор и обоснование объектов капитального строительства.**

##### **Характеристики возводимых объектов**

Проблематика обеспечения доступным и комфортным жильем граждан Российской Федерации акцентирована высшим руководством России [70], для чего соответствующими федеральными регламентными органами разработаны целевые общефедеральные государственные программы [71 – 72], призванные обеспечить механизм реализации целей, обозначенных Президентом России [70]. На основании целевой федеральной программы [71], создаются социально направленные программы [73 – 75], выполненные в рамках специально разработанного федерального законодательства (185-ФЗ [76]), в соответствии с вектором развития Российской Федерации, устанавливаемым высшим руководством страны [77].

Статистические данные, регистрируемые федеральным органом государственной статистики (Росстат) в динамике десятилетнего периода (2009 – 2019) по медианному срезу (для всей территории РФ) свидетельствуют о необходимости строительства объектов жилого фонда [1, 2]:

– прирост параметра общего действующего жилого фонда составил – 19,1 % (2009 г. – 3,231 млрд. м<sup>2</sup>; 2019 г. – 3,848 млрд. м<sup>2</sup>), в удельном показателе на одного жителя – 16, % (2009 г. – 22,6 м<sup>2</sup>/чел.; 2019 г. – 26,3 м<sup>2</sup>/чел.), что всё же является низким показателем относительно прочих развитых стран (КНР – 40,8 м<sup>2</sup>/чел.; Канада – 39,9 м<sup>2</sup>/чел.; ЕС – 44,6 м<sup>2</sup>/чел.; ФРГ – 42,56 м<sup>2</sup>/чел.; Финляндская Республика – 40,1 м<sup>2</sup>/чел [78]);

– прирост параметра превышения темпов ввода, объектов жилого фонда над темпами вывода обозначенных объектов из эксплуатации составил – 121,03 % (2009 г.– 2,71; 2019 г. – 5,99) (рисунок 73);

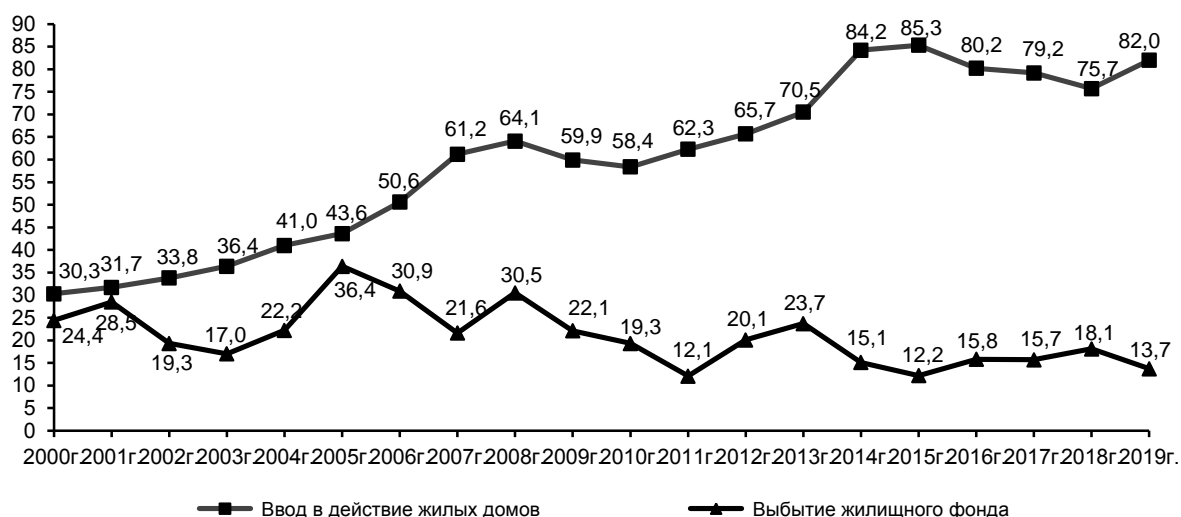


Рисунок 73 – Динамика движения объектов жилого фонда (в млн. м<sup>2</sup> от общей площади)

– прирост параметра ветхости жилого фонда составил 24,5 % (2009 г. – 20,460 млн. м<sup>2</sup>; 2019 г. – 25,478 млн. м<sup>2</sup>), что объясняется длительностью эксплуатации исследуемых объектов (основной объем жилой площади введён в эксплуатацию в два периода: (1946 – 1970 гг.) – 25,9 % (965,4 тыс. м<sup>2</sup>), (1971 – 1995 гг.) – 38,4 % (1,434 млн. м<sup>2</sup>)) и, соответственно, общем техническим состоянием, согласно чему, основные группы домов жилого фонда расположены в двух группах – 56,1 % (от общего жилого фонда) – износ 0 – 30 %; 37,9 % (от общего жилого фонда) – износ 31 – 65 %;

– снижение показателя заселения российских семей, находящихся на учёте (общее количество таких семей, поставленных на учёт, по концу 2019 г. составляет – 2,364 млн. семей). За последние 10 лет наблюдается снижение на 59,4 % (в 2009 г. – 244 тыс. семей; 2019 г. – 99 тыс. семей). При этом, из обозначенного количества семей, находящихся на федеральном учёте, переселение из ветхого и аварийного жилого фонда за десятилетие также

демонстрирует отрицательную динамику – снижение на 58,1 % (2009 г. – 22,4 тыс. семей; 2019 г. – 9,4 тыс. семей).

Для решения проблематики обеспечения жилым фондом граждан Российской Федерации в рамках общефедерального стратегического планирования (по 172-ФЗ [79]) разрабатывается общефедеральная стратегия по привлечению инновационных технико-технологических решений в строительную отрасль [80], что позволит реализовать цели, обозначенные Президентом России [70, 77].

Таким образом, учитывая тенденциозные направления относительно необходимости обеспечения жилым фондом населения Российской Федерации целесообразно в качестве объектов капитального строительства принять – комплекс объектов жилого назначения.

Согласно данным Росстата [1, 2], среди регионов Российской Федерации, в которых жилищное строительство по итогу 2019 г. получило наибольшее развитие являются (в % от общего параметра ввода жилой площади в 2019 г. по всей территории РФ): МО – 10,5 %; город Москва – 6,3 %; Краснодарский край – 5,5 %; город Санкт-Петербург – 4,2 %; Ленинградская область – 3,6 %. При этом наибольшие объемы жилья в расчете на 1000 человек населения в 2019 г. введены в Ленинградской области – 1574 м<sup>2</sup>, что в 2,8 раза выше среднероссийского уровня.

Учитывая общее развитие регионов и динамику ввода объектов жилого фонда, в ключе диссертационных исследований в качестве локации строительного объекта целесообразно назначить город Санкт-Петербург.

По данным [81, 82], в Санкт-Петербурге в 2019 г. введено 3,471 млн м<sup>2</sup> жилой площади, что составляет 645 домов и 72,7 тыс. квартир.

Учитывая, данные относительно общего социально-экономического развития локации строительства с учётом Генерального Плана города Санкт-Петербурга [82], в качестве исследуемых объектов в рамках настоящей МД, принимаем:

– объект капитального строительства №1: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д. 16 по Садовой ул.) (таблица 9, рисунок 74);

– объект капитального строительства №2: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д. 16, литера А по Центральной ул.) (таблица 10, рисунок 75);

– объект капитального строительства №3: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д. 21, корпус 3 по Садовой ул.) (таблица 11, рисунок 78).

Таблица 9 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №1

№ п/п	Наименование параметра	Значение, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup> /шт.	
1	Наименование объекта капитального строительства №1	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д.16 по Садовой ул.)	
2	Площадь земельного участка, м <sup>2</sup>	23 715,00	
3	Площадь застройки	4 669,0	
4	Строительный объем, в том числе:	151 841,80	
4.1	Строительный объем выше отм. 0,000	91 751,80	
4.2	Строительный объем ниже отм. 0,000	60 090,00	
5	Общая площадь здания	46 153,20	
6	Общая площадь квартир (с балконами и лоджиями)	20 038,16	
7	Площадь квартир (без балконов и лоджий)	19 088,72	
8	Количество квартир, в том числе:	368	
8.1	1-комнатная квартира с кухней-нишей	56	
8.2	1-комнатная квартира	134	Всего 144
8.3	1-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	10	
8.4	2-комнатная квартира	94	Всего 104
8.5	2-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	10	
8.6	3-комнатная квартира	48	

8.7	5-комнатная квартира	16
9	Количество секций	6
10	Этажность	26
11	Количество этажей	29 (с учётом 3-х уровней парковки)
12	Количество машино-мест в подземном гараже	386
13	Количество машино-мест на земельном участке	67, в т. ч. 10% – 45 машино/мест для МГН
14	Общая площадь гаража, в том числе:	11 621,3
15	Площадь помещений для хранения автомобилей	10 232,51
16	Площадь убежища	800,65
17	Вместимость убежища	550 чел.

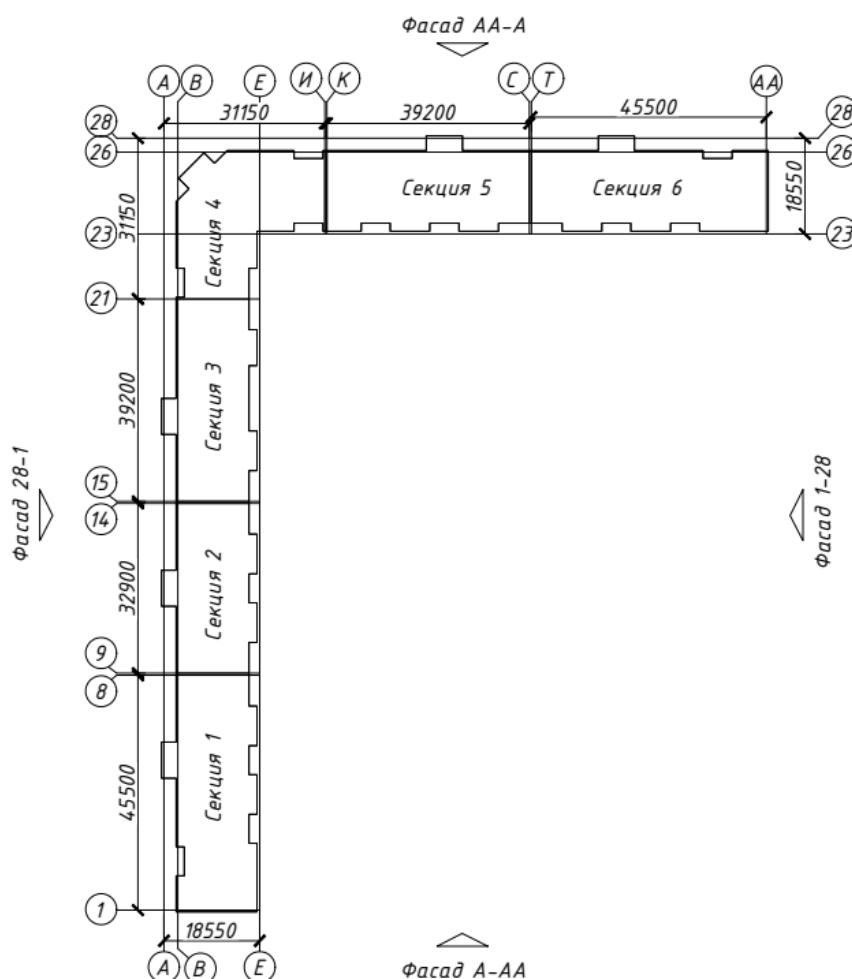


Рисунок 74 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №1

Таблица 10 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №2

№ п/п	Наименование параметра	Значение, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup> /шт.	
1	Наименование объекта капитального строительства №2	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д.16, литера А по Центральной ул.)	
2	Площадь земельного участка, м <sup>2</sup>	19 922,00	
3	Площадь застройки	4 610,00	
4	Строительный объем, в том числе:	149 388,18	
4.1	Строительный объем выше отм. 0,000	90 641,94	
4.2	Строительный объем ниже отм. 0,000	58 746,24	
5	Общая площадь здания	44 878,6	
6	Общая площадь квартир с учетом приведенной площади балконов и лоджий	19 559,76	
7	Общая площадь квартир (без балконов и лоджий)	18 616,64	
8	Количество квартир, в том числе:	368	
8.1	1-комнатная квартира с кухней-нишей	48	
8.2	1-комнатная квартира	152	Всего 160
8.3	1-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	8	
8.4	2-комнатная квартира	64	Всего 80
8.5	2-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	16	
8.6	3-комнатная квартира	72	
8.7	4-комнатных квартира	8	
9	Количество секций	6	
10	Этажность	26	
11	Количество этажей	29 (с учётом 3-х уровней парковки)	
12	Количество машинно-мест в подземном гараже	341	
13	Количество машинно-мест на земельном участке	110 машинно-мест на участке в т.ч. 10%-45 машинно-мест для МГН	
14	Общая площадь гаража, в том числе:	11 289,29	
15	Площадь помещений для хранения автомобилей	9 560,09	
16	Площадь убежища	824,31	
17	Вместимость убежища	550 чел.	



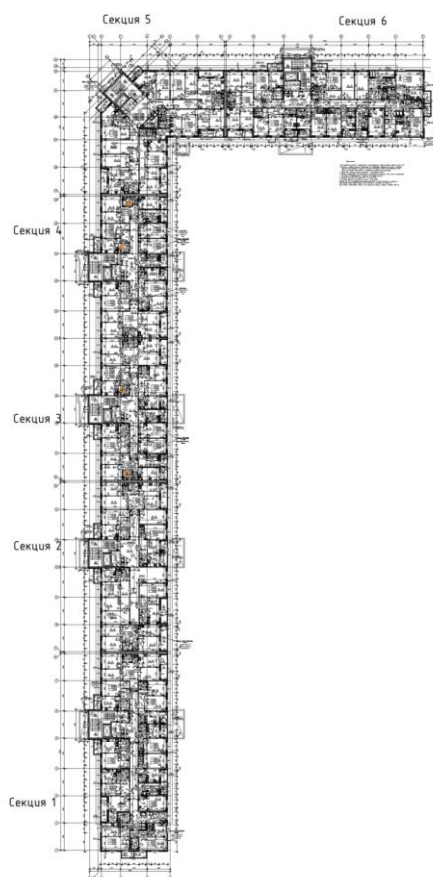


Рисунок 75 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №2

Таблица 11 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №3

№ п/п	Наименование параметра	Значение, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup> /шт.
1	Наименование объекта капитального строительства №3	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д.21, корпус 3 по Садовой ул.)
2	Площадь земельного участка, м <sup>2</sup>	20 473,00
3	Площадь застройки	4 660,00
4	Строительный объем, в том числе:	149 927,00
4.1	Строительный объем выше отм. 0,000	93617,00
4.2	Строительный объем ниже отм. 0,000	56 310,00
5	Общая площадь здания	45 456,60
6	Общая площадь квартир (с балконами и лоджиями)	19 903,36

7	Площадь квартир (без балконов и лоджий)	19 064,48
8	Количество квартир, в том числе:	384
8.1	1-комнатная квартира с кухней-нишей	56
8.2	1-комнатная квартира	156
8.3	1-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	4
8.4	2-комнатная квартира	96
8.5	2-комнатная квартира для инвалидов на кресле-коляске	8
8.6	3-комнатная квартира	48
8.7	4-комнатных квартира	16
9	Количество секций	6
10	Этажность	26
11	Количество этажей	29 (с учётом 3-х уровней парковки)
12	Количество машинно-мест в подземном гараже	303
13	Количество машинно-мест на земельном участке	119, в т. ч. 10%-42 машинно-мест для МГН
14	Общая площадь гаража, в том числе:	11 539,86
15	Площадь помещений для хранения автомобилей	10 213,20
16	Площадь убежища	724,21
17	Вместимость убежища	585

Определённые объекты капитального строительства имеют идентичные объёмно-планировочные решения и конструктивное решение, для которых на основании требований МДС 12-29.2006 [26], МДС 12-81.2007 [27], МДС 12-46.2008 [28], СП 48.13330.2019 [25], СП 49.13330.2010 [29] разрабатываются соответствующие решения по организации строительного производства.

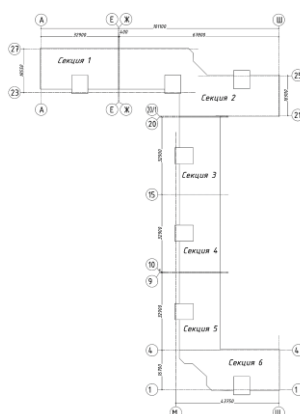


Рисунок 76 – Общие компоновочные решения по объекту капитального строительства №3

Характеристика объектов исследования представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристика объектов исследования

Параметр, нормативные ссылки	Значение												
Наименование объектов	Жилые комплексы №№ 1, 2, 3												
Локация строительства	г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1												
Климатогеографические условия локации строительства по СП 131.13330.2018 [83], СП 20.13330.2016 [84], СП 14.13330.2018 [85], СП 22.13330.2016 [86]	– Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С:												
	Республика, край, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Санкт-Петербург	-6.6	-6.3	-1.5	4.5	10.9	15.7	18.3	16.7	11.4	5.7	0.2	-3.9	5.4
Климатогеографические условия локации строительства по СП 131.13330.2018 [83], СП 20.13330.2016 [84], СП 14.13330.2018 [85], СП 22.13330.2016 [86]	– Сводные климатогеографические характеристики локации строительства:												
	Наименование параметра	Значение параметра											
	Климатический район и подрайон	IIВ											
	Система координат площадки строительства	Строительная сетка по условиям геодезических изысканий											
	Система высот	Балтийская											
	Ветровой район и нормативное значение ветрового давления	II ( $w_0 = 0,3$ кПа)											
	Снеговой район и расчетное значение снеговой нагрузки	III ( $S_g = 1,5$ кН/м <sup>2</sup> )											
	Средняя скорость ветра за зимний период	4 м/с											
	Гололёдный район	II											
	Средняя месячная температура января	-10 °С											
	Средняя месячная температура июля	15 °С											
	Отклонение средней температуры воздуха наиболее холодных суток от средней температуры в январе	15 °С											
	Географическая широта	60 ° с.ш.											
	Глубина промерзания грунта	1,2 м											
	Сейсмичность локации	6 баллов											

<p>Решения по СПОЗУ по 190-ФЗ [87], СП 42.13330.2016 [88], СП 82.13330.2016 [89], Градостроительных нормативов [90]</p>	<p>Проектируемые объекты капитального строительства локализируются на одном участке. Под каждым из проектируемых объектов капитального строительства запроектирован подземный этаж, который располагается в пределах каждого из жилого комплекса. На участке запроектированы следующие объекты: 1. Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом. (проектируемый). 2. Площадка для парковки машин. (проектируемая). 3. Детская площадка (проектируемая). 4. Спортивная площадка (проектируемая). 5. Площадка для отдыха (проектируемая). 6. Контейнерная площадка (проектируемая). 7. Въезд в подземный гараж на 2 уровень (проектируемый). 8. Въезд в подземный гараж на 3 уровень (проектируемый). 8. Аварийный выход из бомбоубежища (проектируемый). Минимальное расстояние между зданиями и сооружениями принято с учетом требований противопожарных норм (по СП 4.13130.2013 [91] и инсоляции по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 [92]). Минимальное количество машино/мест для хранения автотранспорта принято по правилам землепользования и застройки для города Санкт-Петербург по градостроительному нормативу [90]. Ближайшая пожарная часть №44 Колпинского района (Санкт-Петербург, ул. Караваяевская, 46) расположена на расстоянии около 5,3 км от объекта строительства. Время прибытия пожарных подразделений не превышает 10 минут. Площадь участка составляет 2,0473 га.</p>
<p>Объемно-планировочные решения по СП 54.13330.2016 [93], СанПиН 2.1.2.2645-10 [94], СП 372.1325800.2018 [95], СП 113.13330.2016 [96], СП 154.13130.2013 [97]</p>	<p>Проектируемые объекты капитального строительства имеют идентичные объемно-планировочные решения. Уровень ответственности здания по (384-ФЗ [98]) – нормальный; класс здания по ГОСТ 27751-2014 [99] – КС-2. Степень огнестойкости по СП 112.13330.2011 [100], СП 54.13330.2016 [93] – II. Класс конструктивной пожарной опасности здания по 123-ФЗ [101] – С0. Класс функциональной пожарной опасности по 123-ФЗ [101] – Ф 1.3. Проектируемый жилой комплекс делится на 4 пожарных отсека (по СП 2.13130.2020 [102]: 2 пожарных отсека подземного гаража с площадью этажа не более 3000 м<sup>2</sup>; 2 пожарных отсека жилой части здания с площадью не более 2500 м<sup>2</sup>. Проектируемый комплекс жилых зданий в плане – имеет сложную геометрию с габаритными размерами в осях 144,775 × 101,100 м. Объекты имеет 26 надземных этажей (25 жилых и 1 технический) и 3 подземных (гараж). В проектируемом жилом комплексе предусмотрены 1-о, 2-х, 3-х и 4-х-комнатные квартиры, а также однокомнатные квартиры с кухней-нишей (квартиры-студии) для одиноко проживающих граждан. Высота жилых этажей составляет 3,0 м. Высота этажей подземной автостоянки – не менее 3,00 м – для -1 и -2-ого уровней и 4,20 – для -3-его уровня. На -3 уровне располагается также бомбоубежище, которое в мирное время выполняет функцию автостоянки.</p>

	<p>Высота комплекса от уровня земли до максимальной отметки парапета составляет 78,68 м.</p> <p>Жилой комплекс состоит из 6 секций: секция 1 – в осях А-Е/23-27 (количество жильцов 112 чел.); секция 2 – в осях Ж-Ш/21-27 (количество жильцов 240 чел.); секция 3- в осях 15-20/М-С (количество жильцов 112 чел.); секция 4- в осях 10-15/М-С (количество жильцов 112 чел.); секция 5- в осях 4-9/М-С (количество жильцов 112 чел.); секция 6- в осях 1-4/М-Ш (количество жильцов 112 чел.).</p> <p>Сообщение между этажами многоквартирного жилого комплекса осуществляется посредством лестнично-лифтовых узлов; по одному - в 1-ой и 3-6 ой секциях и двух- во 2-ой секции.</p> <p>Выход на кровлю осуществляется через все лестничные клетки. На перепаде высот кровли предусмотрено устройство пожарных лестниц.</p> <p>Все помещения с постоянным пребыванием людей имеют естественное освещение.</p>
<p>Конструкционные решения по СП 54.13330.2016 [93], СП 70.13330.2012 [103], НТД для соответствующих строительных систем, согласно проектным решениям</p>	<p>Конструктивное исполнение объектов капитального строительства идентичное.</p> <p>Конструктивная схема здания – стеновая. Несущие продольные и поперечные железобетонные стены здания воспринимают нагрузки от перекрытий и покрытия и передают их на фундаменты. Фундаменты здания – свайные по СП 24.13330.2011 [104]. Сваи жестко защемлены путем заделки арматуры свай на длину анкеровки в фундаментную плиту толщиной 900 мм.</p> <p>Описание основных конструкций здания по СП 63.13330.2018 [105], СП 430.1325800.2018 [106], СП 52-103-2007 [107], СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 [108], СП 15.13330.2012 [109], СП 339.1325800.2017 [1110], СП 24.13330.2011 [104], СП 22.13330.2016 [86]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– стены здания выше отм. 0.000 - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В25, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены лестничных клеток монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В25, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– междуэтажные перекрытия – монолитные железобетонные толщиной 220мм. Бетон В25, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– лестничные марши - сборные железобетонные шириной 1200мм по серии 03984346-022-КЖ;</li> <li>– междуэтажные лестничные площадки - монолитные железобетонные толщиной 220мм. Бетон В25, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– лифтовые шахты – сборные железобетонные толщиной 150 мм по Серия 8641.18,19 КЖИ;</li> <li>– крыльца, пандусы и козырьки – монолитные железобетонные толщиной 200мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> </ul>

	<p>– наружные стены – газобетонные, самонесущие. Газобетонных стены опираются в пределах одного этажа на ж/б перекрытия, которые по контуру наружных стен имеют ж/б балки 250х380мм. Газобетонные блоки наружных стен плотностью D600, класс прочности B2,5, толщиной 300мм. Газобетонные блоки армируются через 4 ряда арматурой 8A240 ГОСТ 5781-82. Устойчивость газобетонных стен обеспечивается креплением к стенам и перекрытиям здания. Крепление к монолитным перекрытиям осуществляется перфолентой через каждые 3 блока, к стенам «L»-образной оцинкованной пластиной 20х2х400 через 4 ряда кладки. Материал перфоленты – оцинкованная сталь, толщина покрытия 5мкм. Ширина перфоленты – 20мм, толщина перфоленты – 0,55 мм;</p> <p>– перегородки здания технических помещений из газобетонных блок плотностью D400, класс прочности B2, толщиной 200мм. Газобетонные блоки армируются через 4 ряда арматурой 8A240 ГОСТ 5781-82. Устойчивость газобетонных стен обеспечивается креплением к стенам и перекрытиям здания. Крепление к монолитным перекрытиям осуществляется перфолентой через каждые 3 блока, к стенам «L»-образной оцинкованной пластиной 20х2х400 через 4 ряда кладки. Межквартирные перегородки – из блока СКЦ-1Р-1ПГ толщиной 190мм, плотностью 1428 кг/м. куб. Межкомнатные перегородки – из вибро-прессованных бетонного камня полигран 80ПГ плотностью 1730 кг/м.куб толщиной 80 мм;</p> <p>– предусмотрен пристенный (прифундаментный) дренаж;</p> <p>– фундаментная плита КНС-1 и КНС-2 – монолитная железобетонная толщиной 900мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006. Фундамент основного здания - свайный. Сваи С 240.40-Св,6 по серии 1.011.1-10 Вып.8 квадратного сечения 40х40см, длиной 24м, составного сечения, бетон В30, F100, W8, армируются арматурой класса А500 по ГОСТ Р 52544-2006. Сваи жестко защемлены путем заделки арматуры свай на длину анкеровки в фундаментную плиту толщину 900мм. Верхняя часть составных свай - С 120.40-В.Св.6 длиной 12м сечением 40х40см, нижняя часть - С 120.40-В.Св.6 длиной 12м сечением 40х40см. Погружение свай производить со дна "пилотного " котлована на абсолютной отметке +8.00. Сваи следует погружать ниже дна котлована до проектной отметки +7.30 используя инвентарный додавливатель. После откопки котлована до проектной отметки низа фундаментной плиты +1.20 сваи следует срубить до отм. +2.30, арматуру свай в зоне оголовка оголеть и завести в тело плиты согласно схеме заделки свай на 820мм. «Пилотный» котлован глубиной 2,5-3м (абсолютной отм. дна +8,00) выполнять под защитой шпунтового ограждения Ларсен L5 УМ без распорок для возможности передвижения техники по дну котлована.</p> <p>– фундаментная плита 900мм, бетон В30, F100, W8, армируются арматурой класса А500 по ГОСТ Р 52544-2006.</p> <p>– стены подземных этажей минус 3 и минус 2 уровней наружные - монолитные железобетонные толщиной 400мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</p>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– стены подземного этажа минус 1 уровня наружные - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены подвала минус 3 и минус 2 уровней внутренние - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– перекрытия подземных этажей - монолитные железобетонные толщиной 220мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены убежища, расположенного на минус 3 уровне, наружные - монолитные железобетонные толщиной 500мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены убежища, расположенного на минус 3 уровне, внутренние - монолитные железобетонные толщиной 400мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– покрытие убежища - монолитное железобетонное толщиной 350мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– фундаментная плита въездов/выездов в гараж 500мм, бетон В30, F100, W8, армируются арматурой класса А500 по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены въездов/выездов в гараж минус 2 и 3 уровня наружные - монолитные железобетонные толщиной 250 и 400мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены въездов/выездов в гараж минус 1 уровня наружные - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены въездов/выездов в гараж внутренние - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– перекрытия въездов/выездов в гараж - монолитные железобетонные толщиной 250мм. Бетон В30, W4, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– перекрытия въездов/выездов в гараж в зонах с возможным размещением пожарных автомобилей – монолитные железобетонные толщиной 300мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– стены, основание и плиты покрытия аварийного выхода приняты монолитными железобетонными толщиной 400мм. Бетон В30, W8, F100 по ГОСТ 26633-91*. Арматура класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006;</li> <li>– ограждение котлована глубиной 10м раскрепляется в двух уровнях на отм. -10,450 и -7,450. В качестве раскрепления приняты стальные трубы Ø1220, Ø820 и Ø630.</li> </ul>
--	---

	<p>Наружная отделка – вентилируемый фасад (навесные фасадные системы утепления с воздушным зазором) по СП 71.13330.2017 [111], СП 293.1325800.2017 [112], СП 50.13330.2012 [113].  Кровля – плоская рулонная, наплавляемая – «Изопласт» (2 слоя: верхний-«Изопласт К», нижний «Изопласт П») по цементно-песчаной армированной стяжке, утеплитель кровли – «Rockwool Руф Баттс», толщиной 200 мм по СП 17.13330.2017 [114], СП 50.13330.2012 [113].</p>
--	--

### 3.2 Календарное планирование нормализованными методами

Продолжительность строительства объекта определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50].

1 Календарное планирование строительного производства для объекта капитального строительства №1: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д. 16 по Садовой ул.).

Продолжительность строительства объекта рассчитана на возведение отдельных его частей с учетом поточного метода строительства.

Расчет в соответствии со СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50] учитывает работу с нормальной длительностью рабочей смены (8 часов) и при использовании при строительстве двухсменного режима работы требует пересчета нормативного срока строительства.

Поскольку строительство объекта будет осуществляться в 2 смены, при пересчете продолжительности строительства целесообразно применение коэффициента перехода  $K_{пер}=0,9$  для учета увеличения количества смен.

Продолжительность строительства подземного встроенного помещения, приспособляемого в интересах ГО, определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], часть II «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», с, п. 14



«Заглубленное отдельно стоящее здание или встроенное помещение, используемое для общественных или технических нужд, приспособляемое в интересах гражданской обороны».

За основу для расчета принято строительство встроенного заглубленного помещения общей площадью 3000 м<sup>2</sup> в срок равный 15 месяцев.

В проекте предусмотрено строительство встроенного заглубленного помещения (3-этажного) общей площадью 12345 м<sup>2</sup>.

Согласно п.7 «Общих положений» к СНиП 1.04.03–85\* [47] часть I «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{12345 - 3000}{3000} \cdot 100\% = 311,5\% . \quad (10)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$311,5 \cdot 0,3 = 93,45\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$15 \cdot \frac{100 + 93,45}{100} = 29,01 \text{ мес} . \quad (11)$$

С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 26 мес.

Устройство свайного основания

Продолжительность устройства свайного основания определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I, «Общие положения\*», пункт 9.

В проекте предусмотрено вдавливание 928 свай (из них 6 опытные и 24–анкерные сваи).

$$T_{cs} = \frac{928 \times 0,3}{100} = 2,5 \text{ мес.} \quad (12)$$

– продолжительность устройства свайного поля.

Продолжительность строительства жилого комплекса определена согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], часть II «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».

За основу для расчета принято строительство 25-этажного монолитного здания (согласно разделу 3 «Непроизводственное строительство», подраздела 1 «Жилые здания» пп.7) общей площадью 12000 м<sup>2</sup>, в срок равный 12 мес.

Согласно п. 7 «Общих положений» к СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{20038,16 - 12000}{12000} \cdot 100\% = 66,98\% . \quad (13)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$66,98 \cdot 0,3 = 20,09\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$12 \cdot \frac{100 + 20,09}{100} = 14,4 \text{ мес.} \quad (14)$$

С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 13 мес.

Согласно раздела 3 «Непроизводственное строительство», подраздела 1 «Жилые здания», п. 21 общих указаний, продолжительность строительства жилого здания со встроенным заглубленным помещением, используемым для

общественных и технических нужд, приспособленных в интересах гражданской обороны. Определяется как сумма продолжительностей строительства части заглубленного помещения и жилого здания без его подземной части с коэффициентом совмещения 0,5.

С учетом последовательности работ и поточного метода строительства, в проекте принята продолжительность строительства объекта в срок равный 23 мес., с учетом

- 1 мес. – подготовительный;
- 2,5 мес. – устройство свайного основания;
- 19,5 мес. – строительство наземной части здания и заглубленного

встроенного помещения.

2 Календарное планирование строительного производства для объекта капитального строительства № 2: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д. 16, литера А по Центральной ул.).

Продолжительность строительства объекта определена на основании Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50], СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».

Продолжительность строительства объекта рассчитана на возведение отдельных его частей с учетом поточного метода строительства.

Расчет в соответствии со СНиП 1.04.03–85\* [47] учитывает работу с нормальной длительностью рабочей смены (8 часов) и при использовании при строительстве двухсменного режима работы требует пересчета нормативного срока строительства.

Поскольку строительство объекта будет осуществляться в 2 смены, при пересчете продолжительности строительства целесообразно применение коэффициента перехода  $K_{пер}=0,9$  для учета увеличения количества смен.

Продолжительность строительства подземного встроенного помещения, приспособляемого в интересах ГО, определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], часть II «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», с. п. 14 «Заглубленное отдельно стоящее здание или встроенное помещение, используемое для общественных или технических нужд, приспособляемое в интересах гражданской обороны».

За основу для расчета принято строительство встроенного заглубленного помещения общей площадью 3000 м<sup>2</sup> в срок равный 15 месяцев.

В проекте предусмотрено строительство встроенного заглубленного помещения (3-этажного) общей площадью 11621,3 м<sup>2</sup>.

Согласно п. 7 «Общих положений» к СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{11832,6 - 3000}{3000} \cdot 100\% = 294,42\% . \quad (15)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$294,42 \cdot 0,3 = 88,326\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$15 \cdot \frac{100 + 88,326}{100} = 28,25 \text{ мес} . \quad (16)$$

С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 26 мес.

Устройство свайного основания

Продолжительность устройства свайного основания определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I, Общие положения\*, пункт 9.

В проекте предусмотрено вдавливание 928 свай (из них 6 опытные и 24–анкерные сваи).

$$T_{cs} = \frac{896 \times 0,3}{100} = 2,7 \text{ мес.} \quad (17)$$

– продолжительность устройства свайного поля.

Продолжительность строительства жилого комплекса определена согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], часть II «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений».

За основу для расчета принято строительство 25-этажного монолитного здания (согласно разделу 3 «Непроизводственное строительство», подраздела 1 «Жилые здания» пп. 7) площадью застройки 12000 м<sup>2</sup>, в срок равный 12 мес.

Согласно п.7 «Общих положений» к СНиП 1.04.03–85\* [47], часть I «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{19559,76 - 12000}{12000} \cdot 100\% = 62,998\% . \quad (18)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$62,998 \cdot 0,3 = 18,89\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$12 \cdot \frac{100 + 18,89}{100} = 14,3 \text{ мес.} \quad (19)$$

С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 13 мес.

Согласно раздела 3 «Непроизводственное строительство», подраздела 1 «Жилые здания», п. 21 общих указаний, продолжительность строительства жилого здания со встроенным заглубленным помещением, используемым для общественных и технических нужд, приспособленных в интересах гражданской обороны. Определяется как сумма продолжительностей строительства части заглубленного помещения и жилого здания без его подземной части с коэффициентом совмещения 0,5.

С учетом последовательности работ и поточного метода строительства, в проекте принята продолжительность строительства объекта в срок равный 22 мес., с учетом

- 1 мес. – подготовительный;
- 2,5 мес. – устройство свайного основания;
- 18,5 мес. – строительство наземной части здания и заглубленного

встроенного помещения.

3 Календарное планирование строительного производства для объекта капитального строительства № 3: Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д. 21, корпус 3 по Садовой ул.).

Продолжительность строительства объекта рассчитана на возведение отдельных его частей с учетом поточного метода строительства.

Расчет в соответствии со СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50] учитывает работу с нормальной длительностью рабочей смены (8 часов) и при использовании при строительстве двухсменного режима работы требует пересчета нормативного срока строительства.

Поскольку строительство объекта будет осуществляться в 2 смены, при пересчете продолжительности строительства целесообразно применение коэффициента перехода  $K_{пер}=0,9$  для учета увеличения количества смен.

1 Продолжительность строительства подземного встроенного помещения, приспособляемого в интересах ГО, определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50], с, п. 14 «Заглубленное отдельно стоящее здание или встроенное помещение, используемое для общественных или технических нужд, приспособляемое в интересах гражданской обороны».

За основу для расчета принято строительство встроенного заглубленного помещения общей площадью  $3000 \text{ м}^2$  в срок равный 15 месяцев.

В проекте предусмотрено строительство встроенного заглубленного помещения (3-этажного) общей площадью  $11539,86 \text{ м}^2$ .

Согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50] по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{11\,539,86 - 3000}{3000} \times 100\% = 284,66\% \cdot \quad (20)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$284,66 \times 0,3 = 85,4\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$15 \times \frac{100 + 85,4}{100} = 27,8 \text{ мес} \cdot \quad (21)$$

С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 25 мес.

2 Устройство свайного основания

Продолжительность устройства свайного основания определена на основании СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50].

В проекте предусмотрено вдавливание 928 свай (из них 7 опытные и 28-анкерные сваи).

$$T_{св} = (928 \text{ шт} \times 0,3 \text{ мес}) / 100 = 2,5 \text{ мес}. \quad (22)$$

– продолжительность устройства свайного поля.

Продолжительность строительства жилого комплекса определена согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50].

За основу для расчета принято строительство 25-ти этажного монолитного здания (согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50]) общей площадью 12000 м<sup>2</sup>, в срок равный 12 месяцев.

Согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50] по методу экстраполяции увеличение продолжительности строительства составит:

$$\frac{19903,36 - 12000}{12000} \times 100\% = 65,86\%. \quad (23)$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$65,86 \times 0,3 = 19,76\%$$

Расчетная продолжительность строительства:

$$12 \times \frac{100 + 19,76}{100} = 14,4 \text{ мес}. \quad (24)$$



С учетом 2-сменного режима работы итоговая расчетная продолжительность строительства объекта составляет 13 мес.

Согласно СНиП 1.04.03–85\* [47], Пособия [48], МДС 12-43.2008 [49], МРР 3.2.81-12 [50], продолжительность строительства жилого здания со встроенным заглубленным помещением, используемым для общественных и технических нужд, приспособленных в интересах гражданской обороны. Определяется как сумма общей продолжительности строительства здания и общей продолжительности строительства заглубленного помещения, суммируемая с коэффициентом совмещения 0,5.

С учетом последовательности работ и поточного метода строительства, в проекте принята продолжительность строительства объекта в срок равный 22,5 мес., с учетом

- 1 мес. – подготовительный;
- 2,5 мес. – устройство свайного основания;
- 19 мес. – строительство наземной части здания и заглубленного

встроенного помещения.

На основании приведенных норм приведём сравнение календарного планирования для обозначенных объектов капитального строительства по каждому из выделенных этапов (таблица 13).

Таблица 13 – Сравнительный анализ календарного планирования для заданных объектов капитального строительства

Параметр, ед. изм.	Объект капитального строительства №1	Объект капитального строительства №2	Объект капитального строительства №3
Наименование объекта	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д. 16 по Садовой ул.)	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д. 16, литера А по Центральной ул.)	Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д. 21, корпус 3 по Садовой ул.)

Расчётная продолжительность строительства подземного встроенного помещения, приспособляемого в интересах ГО, мес.	26	26	25
Расчётная продолжительность устройства свайного основания, мес.	2,5	2,7	2,5
Расчётная продолжительность строительства жилого комплекса, мес.	13	13	13
Принята продолжительность строительства объекта, мес.	23	22	22,5
В т. ч. подготовительный период, мес.	1	1	1
Устройство свайного основания	2,5	2,5	2,5
Строительство наземной части здания и заглубленного встроенного помещения	19,5	18,5	19,0
Потребности в инженерно-технических ресурсах, чел.	137	156	119
Трудозатраты, чел.–дн.	66171	55384	56227

Таким образом, при организации поточного производства строительного производства с последовательным возведением объектов капитального строительства № 1–3 общий срок строительства составит – 67,5 мес. При увеличении привлекаемых в строительство ресурсов, возможно применение параллельного метода производства работ, при этом общий срок строительства заданного комплексного объекта составит – 23 мес. Несмотря на меньшую продолжительность строительства для данного метода характерен ряд трудностей реализации. Сложность в обеспечении привлекаемых ресурсов (строительно-монтажного персонала, специальных машин и механизмов, строительных материалов и изделий, прочее),

сложность в организации крупных параллельных потоков строительства, сложность в организации производственной логистики, прочее. Возможно, использование параллельно-поточных методов строительно-монтажного производства, при котором используется технология объединения типовых строительных потоков, что даёт возможность оптимизации привлечения ресурсных потоков и повышения общего качества строительного процесса для выделенных объектов капитального строительства.

### **3.3 Разработка решений по оптимизации календарного планирования при возведении высотного жилого комплекса. Анализ и моделирование организационно-технологических мероприятий при календарном планировании для заданных объектов**

Предложения по диспетчеризации и корректировке календарных планов на основе ситуационного подхода с разработкой методики его корректировки разрабатывается на основании представленных методов формирования комплексных строительных потоков при организации строительного производства для нескольких однотипных объектов.

Ввиду того, что последовательное строительство нескольких типовых строительных объектов требует затраты временного ресурса, а параллельное строительное производство для данных объектов несёт значительное увеличение производственных нагрузок на привлекаемый строительный персонал, специализированную строительно-монтажную технику и оборудование, а также требует привлечение разноплановых ресурсов в короткие строки, целесообразно применить метод объединения выделенных объектных строительных потоков в комплексные по рассмотренным выше организационно-технологическим схемам КПК, КПА, КПУ, эффективность которых определяем расчётам далее.

Сущность диспетчеризации в данном случае заключается в оперативном перенаправлении объектных строительных потоков по возводимым типовым объектам используя метод ситуационного подхода (по локальным условиям строительного производства на выделенных объектах) с обеспечением без простоев производства и равномерного распределение строительно-производственной нагрузки на привлекаемые ресурсы строительно-монтажного персонала, специализированных строительных машин, механизмов и оборудования.

В данном случае алгоритм диспетчеризации, представляется в виде, представленном на рисунке 77.



Рисунок 77 – Алгоритм диспетчеризации одновременного комплексного строительства нескольких типовых объектов на основании ситуационного подхода с применением методов комплексного объединения выделенных объектных строительных потоков (методы КПК, КПА, КПУ)

Согласно алгоритму, представленному на рисунке 77, центр диспетчеризации осуществляет оперативное управление одновременным

комплексным строительным производством для нескольких типовых объектов на основании ситуационного подхода с использованием методов комплексного объединения выделенных объектных строительных потоков (методы КПК, КПА, КПУ). При этом выбор метода объединения выделенных объектных строительных потоков производится на основании сравнительного технико-экономического расчёта, который выполним ниже.

Составление организационно-технологических схем строительного-монтажного производства для объектных строительных потоков выделенных объектов капитального строительства. На основании проектной документации по технологии возведения выделенных объектов капитального производства, составим организационно-технологическую схему объектных потоков для каждого жилого комплекса, используя рекомендации [51 – 69].

Формирование и расчёт комплексных потоков для выделенных объектов капитального строительства с выявлением экономически целесообразного. Расчёт комплексных потоков (комбинируемых из объектных строительных потоков выделенных объектов капитального строительства № 1 – 3) производится на основании рекомендаций [51 – 69] для технологических методов КПК, КПА, КПУ.

Таблица 14 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта №1: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д. 16 по Садовой ул.)

Шифр работ	Наименование работ	Деление на частные фронты	Совмещение работ, дн.	Продолжительность работ, дн.
А	Земляные работы	5 фронтов (по захваткам: захватка 1, экскавация грунта в осях «1-14»/»А-Е»; захватка 2, экскавация грунта в осях «15-22»/»А-И»; захватка 3, экскавация грунта в осях «23-28»/»К-АА»; захватка 4, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси АА съезд № 1); захватка 5, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси	14	35

Б	Устройство шпунтового ограждения Ларсен	4 фронта (по очередям: 1 очередь – устройство шпунтового ограждения под здание; 2 очередь – устройство шпунтового ограждения под съезд, примыкающий к оси «АА»; 3 очередь – устройство шпунтового ограждения под съезд, примыкающий к оси «1» съезд № 1; 4 очередь – устройство шпунтового ограждения на участке по оси «Е» между осями «16-18» съезд № 2 по 1 б/с)	0	20
В	Устройство свайного поля	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-14»/»А-Е»; захватка 2 - оси «15-22»/»А-И»; захватка 3 - оси «23-28»/»К-АА»; захватка 4- участок, примыкающий к оси АА; захватка 5 - участок, примыкающем к оси «1» и участок по оси «Е» между осями «16-18») по 1 б/с	20	50
Г	Устройство фундаментной плиты	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-14»/»А-Е»; захватка 2 - оси «15-22»/»А-И»; захватка 3 - оси «23-28»/»К-АА»; захватка 4- участок, примыкающий к оси АА; захватка 5 - участок, примыкающие к оси «1» и участок по оси «Е»)	14	35
Д	Устройство монолитных конструкций	12 фронтов по 2 этажа	20	240
Е	Кровельные работы	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-14»/»А-Е»; захватка 2 - оси «15-22»/»А-И»; захватка 3 - оси «23-28»/»К-АА»; захватка 4- участок, примыкающий к оси АА; захватка 5 - участок, примыкающем к оси «1» и участок по оси «Е» между осями «16-18») по 1 б/с	10	25
Ж	Устройство вентилируемого фасада	9 фронтов по 3 этажа	21	63
З	Отделочный цикл	12 фронтов по 2 этажа	28	84
И	Монтаж инженерных устройств и коммуникаций	2 фронта по 1 б/с	14	28
К	Благоустройство	2 фронт 1 б/с	0	14

Таблица 15 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта №2: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д. 16, литера А по Центральной ул.)

Шифр работ	Наименование работ	Деление на частные фронты	Совмещение работ, дн.	Продолжительность работ, дн.
А	Земляные работы	5 фронтов (по захватках: захватка 1, экскавация грунта в осях «1-15»/»А-Е»; захватка 2, экскавация грунта в осях «16-26»/»А-И»; захватка 3, экскавация грунта в осях «27-34»/»А-Т»; захватка 4, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси Т (съезд № 1); захватка 5, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси «1». И на участке по оси «Е» между осями «21-22»	14	35
Продолжение таблицы 15Б	Устройство шпунтового ограждения Ларсен	4 фронта (по очередям: 1 очередь – устройство шпунтового ограждения под здание; 2 очередь – устройство шпунтового ограждения под съезд, примыкающий к оси «Т» (съезд № 1); 3 очередь – устройство шпунтового ограждения под съезд, примыкающий к оси «1» (съезд № 2); 4 очередь – устройство шпунтового ограждения на участке по оси «Е» между осями «21-22») по 1 б/с	0	20
В	Устройство свайного поля	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-15»/»А-Е»; захватка 2 - оси «16-26»/»А-Е»; захватка 3 - оси «27-34»/»А-Т»; захватка 4- участок, примыкающий к оси Т; захватка 5 - участок, примыкающем к оси «1» и участок по оси «Е» между осями «21-22») по 1 б/с	20	50
Г	Устройство фундаментной плиты	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-15»/»А-Е»; захватка 2 - оси «16-26»/»А-Е»; захватка 3 - оси «27-34»/»А-Т»; захватка 4- участок, примыкающий к оси Т; захватка 5 - участок, примыкающем к оси «1» и участок по оси «Е» между осями «21-22») по 1 б/с	14	35

Д	Устройство монолитных конструкций	12 фронтов по 2 этажа	18	216
Е	Кровельные работы	5 фронтов (по захваткам: захватка 1 - оси «1-15»/»А-Е»; захватка 2 - оси «16-26»/»А-Е»; захватка 3 - оси «27-34»/»А-Т»; захватка 4- участок, примыкающий к оси Т; захватка 5 - участок, примыкающем к оси «1» и участок по оси «Е» между осями «21-22») по 1 б/с	10	25
Ж	Устройство вентилируемого фасада	9 фронтов по 3 этажа	21	63
З	Отделочный цикл	12 фронтов по 2 этажа	28	84
И	Монтаж инженерных устройств и коммуникаций	2 фронта по 1 б/с	14	28
К	Благоустройство	2 фронт 1 б/с	0	14

Таблица 16 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта №3: Многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д. 21, корпус 3 по Садовой ул.)

Шифр работ	Наименование работ	Деление на частные фронты	Совмещение работ, дн.	Продолжительность работ, дн.
А	Земляные работы	6 фронтов (по захваткам: захватка 1, экскавация грунта в осях «21-27»/ «А-Ш» (секция 1, 2 основного здания); захватка 2, экскавация грунта в осях «10-20»/ «М-С» (секция 3, 4 основного здания); захватка 3, экскавация грунта в осях «1-9»/ «М-Ш» (секция 5, 6 основного здания); захватка 4, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси 27 (въезд на 2-й подземный уровень); захватка 5, экскавация грунта на участке, примыкающем к оси 1 (въезд на 3-й подземный уровень); захватка 6, экскавация грунта на участке между осями «С-Ш», вдоль оси 7) по 1 б/с	14	42



Б	Устройство шпунтового ограждения Ларсен	4 фронта (по очередям: 1 очередь – устройство шпунтового ограждения под здание; 2 очередь – устройство шпунтового ограждения под въезд на 2-й подземный уровень; 3 очередь – устройство шпунтового ограждения под въезд на 3-й подземный уровень; 4 очередь – устройство шпунтового ограждения на участке между осями «С-Ш», вдоль оси 7) по 1 б/с	0	20
В	Устройство свайного поля	6 фронтов (по захваткам: захватка 1, в осях «21-27»/ «А-Ш» (секция 1, 2 основного здания); захватка 2, в осях «10-20»/ «М-С» (секция 3, 4 основного здания); захватка 3, в осях «1-9»/ «М-Ш» (секция 5, 6 основного здания); захватка 4, на участке, примыкающем к оси 27 (въезд на 2-й подземный уровень); захватка 5, на участке, примыкающем к оси 1 (въезд на 3-й подземный уровень); захватка 6, на участке между осями «С-Ш», вдоль оси 7) по 1 б/с	20	60
Г	Устройство фундаментной плиты	6 фронтов (по захваткам: захватка 1, в осях «21-27»/ «А-Ш» (секция 1, 2 основного здания); захватка 2, в осях «10-20»/ «М-С» (секция 3, 4 основного здания); захватка 3, в осях «1-9»/ «М-Ш» (секция 5, 6 основного здания); захватка 4, на участке, примыкающем к оси 27 (въезд на 2-й подземный уровень); захватка 5, на участке, примыкающем к оси 1 (въезд на 3-й подземный уровень); захватка 6, на участке между осями «С-Ш», вдоль оси 7) по 1 б/с	21	42
Д	Устройство монолитных конструкций	12 фронтов по 2 этажа	19	228

Е	Кровельные работы	6 фронтов (по захваткам: захватка 1, в осях «21-27»/ «А-Ш» (секция 1, 2 основного здания); захватка 2, в осях «10-20»/ «М-С» (секция 3, 4 основного здания); захватка 3, в осях «1-9»/ «М-Ш» (секция 5, 6 основного здания); захватка 4, на участке, примыкающем к оси 27 (въезд на 2-й подземный уровень); захватка 5, на участке, примыкающем к оси 1 (въезд на 3-й подземный уровень); захватка 6, на участке между осями «С-Ш», вдоль оси 7) по 1 б/с	15	30
Ж	Устройство вентилируемого фасада	9 фронтов по 3 этажа	35	63
З	Отделочный цикл	12 фронтов по 2 этажа	28	84
И	Монтаж инженерных устройств и коммуникаций	2 фронта по 1 б/с	14	28
К	Благоустройство	2 фронт 1 б/с	0	14

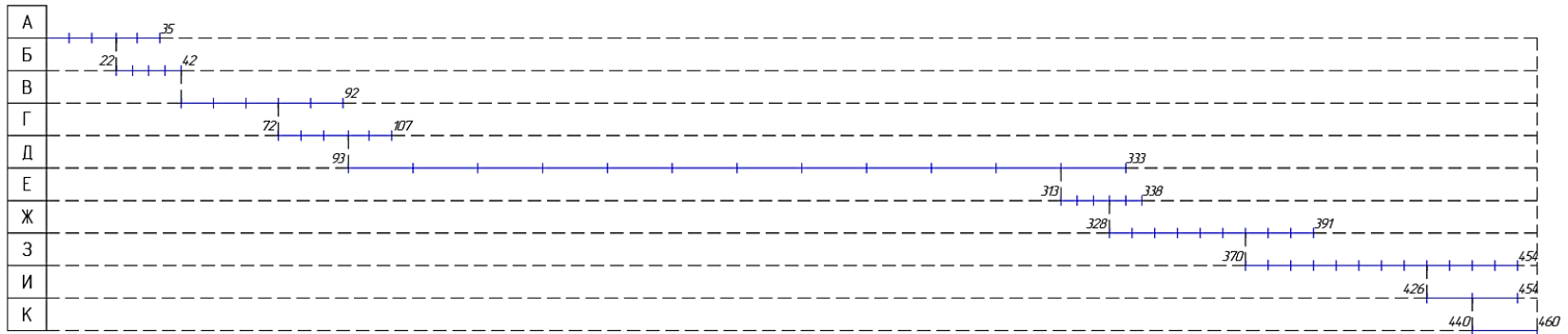


Рисунок 78 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта № 1 (общая продолжительность работ – 460 дн.)

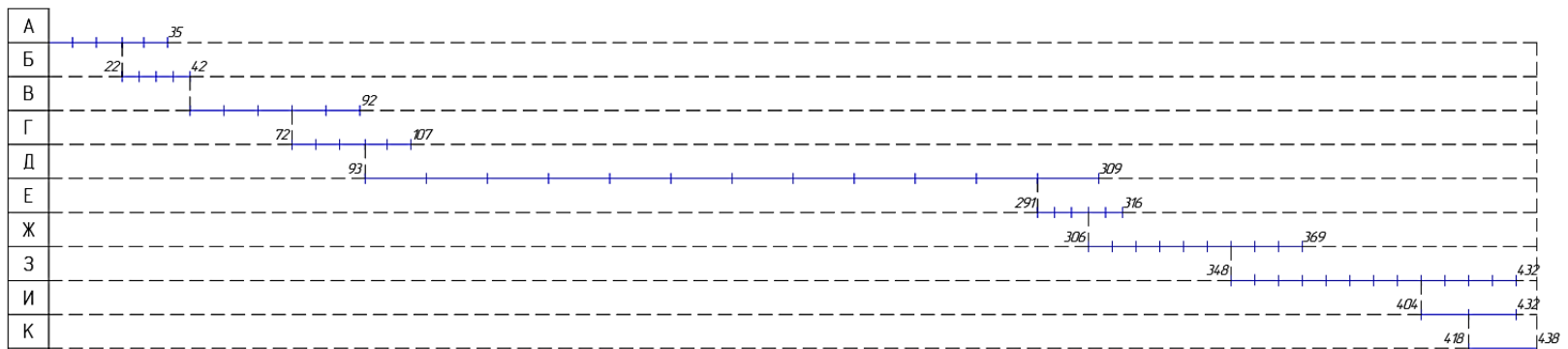


Рисунок 79 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта № 2 (общая продолжительность работ – 438 дн.)

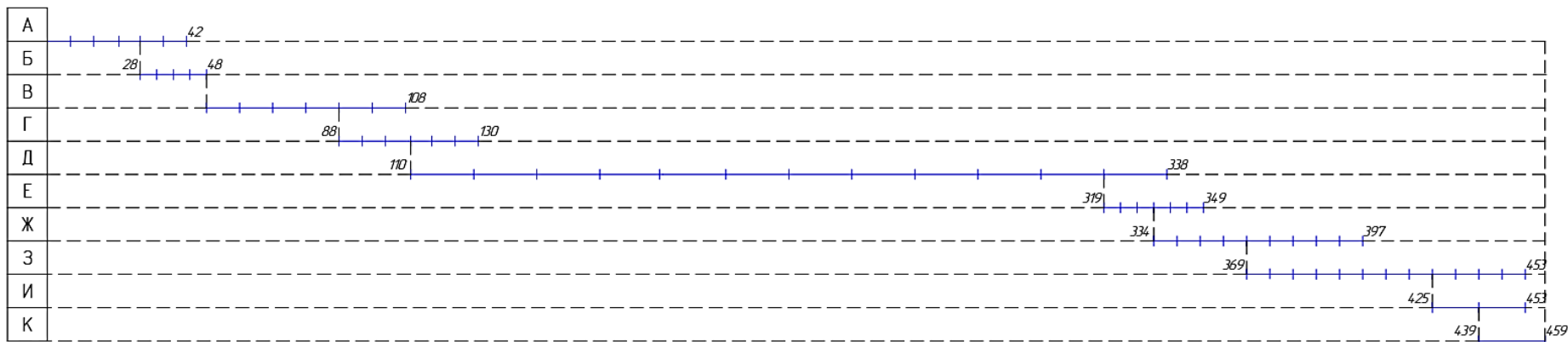


Рисунок 80 – Организационно-технологическая схема строительного производства для объекта № 2 (общая продолжительность работ – 459 дн.)

Матрица исходных данных для КПК представлена в таблице 17.

Расчёт КПК проводится на основании рекомендаций [51 – 69] и представлен в таблице 18.

Матрица исходных данных для КПА представлена в таблице 19.

Расчёт КПА производится на основании рекомендаций [51 – 69] и представлен в таблице 20.

Период развертывания вида работ Б:

$$\begin{aligned}T_{\text{БИ}}^{\text{P}} &= 35 - 14 = 21; \\T_{\text{БИ}}^{\text{P}} &= 35 + 35 - 14 - 20 = 36; \\T_{\text{БИ}}^{\text{P}} &= 35 + 35 + 42 - 14 - 20 - 20 = 58.\end{aligned}\tag{25}$$

Период развертывания  $T_{\text{Б}}^{\text{P}} = 58$ .

Период развертывания вида работ В:

$$\begin{aligned}T_{\text{ВИ}}^{\text{P}} &= 20 - 0 = 20; \\T_{\text{ВИ}}^{\text{P}} &= 20 + 20 - 50 = -10; \\T_{\text{ВИ}}^{\text{P}} &= 20 + 20 + 20 - 50 - 50 = -40.\end{aligned}\tag{26}$$

Период развертывания  $T_{\text{В}}^{\text{P}} = 20$ .

Период развертывания вида работ Г:

$$\begin{aligned}T_{\text{ГИ}}^{\text{P}} &= 50 - 20 = 30; \\T_{\text{ГИ}}^{\text{P}} &= 50 + 50 - 20 - 35 = 45; \\T_{\text{ГИ}}^{\text{P}} &= 50 + 50 + 60 - 20 - 35 - 35 = 70.\end{aligned}\tag{27}$$

Таблица 17 – Матрица исходных данных для КПК

№ объектного потока	А		Б		В		Г		Д		Е		Ж		З		И		К		Т <sub>объекта</sub>
	0	35	22	42	42	92	72	107	93	333	313	338	328	391	370	454	426	454	440	460	
1	0	35	22	42	42	92	72	107	93	333	313	338	328	391	370	454	426	454	440	460	460
t <sub>смещ</sub>	35		20		50		35		240		47		85		106		50		42		240
2	0	35	22	42	42	92	72	107	93	309	291	316	306	369	348	432	404	432	418	438	438
t <sub>смещ</sub>	35		14		44		19		199		-3		35		63		7		-1		199
3	0	42	28	48	48	108	88	130	110	338	319	349	334	397	369	453	425	453	439	459	459

Таблица 18 – Матрица результатов расчёта КПК

№ объектного потока	А		Б		В		Г		Д		Е		Ж		З		И		К		Т <sub>объекта</sub>
	0	35	22	42	42	92	72	107	93	333	313	338	328	391	370	454	426	454	440	460	
1	0	35	22	42	42	92	72	107	93	333	313	338	328	391	370	454	426	454	440	460	460
t <sub>рес.св</sub>	205		220		190		205		0		193		155		134		190		198		
2	240	275	262	282	282	332	312	347	333	549	531	556	546	609	588	672	644	672	658	678	438
t <sub>рес.св</sub>	164		185		155		180		0		202		164		136		192		200		
3	439	481	467	487	487	547	527	569	549	777	758	788	773	836	808	892	864	892	878	898	459
Σt <sub>рес.св</sub>	369		405		345		385		0		395		319		270		382		398		3268

Таблица 19 – Матрица исходных данных для КПА

№ объектного потока	А	t <sub>совм</sub>	Б	t <sub>совм</sub>	В	t <sub>совм</sub>	Г	t <sub>совм</sub>	Д	t <sub>совм</sub>	Е	t <sub>совм</sub>	Ж	t <sub>совм</sub>	З	t <sub>совм</sub>	И	t <sub>совм</sub>	К	T <sub>объекта</sub>
1	35	14	20	0	50	20	35	14	240	20	25	10	63	21	84	28	28	14	20	460
2	35	14	20	0	50	20	35	14	216	18	25	10	63	21	84	28	28	14	20	438
3	42	14	20	0	60	20	42	21	228	19	30	15	63	35	84	28	28	14	20	459
ΣT <sub>работ</sub>	112		60		160		112		684		80		189		252		84		60	

Таблица 20 – Матрица результатов расчёта КПА

№ объектног о потока	А		t <sub>фр.</sub> св	Б		t <sub>фр.</sub> св	В		t <sub>фр.</sub> св	Г		t <sub>фр.</sub> св	Д		t <sub>фр.</sub> св	Е		t <sub>фр.</sub> св	Ж		t <sub>фр.</sub> св	З		t <sub>фр.</sub> св	И		t <sub>фр.</sub> св	К		Т <sub>объе</sub> кта			
	0	35	t <sub>сов</sub> м.	427	447	t <sub>сов</sub> м.	447	497	t <sub>сов</sub> м.	477	512	t <sub>сов</sub> м.	0	498	738	t <sub>сов</sub> м.	718	743	t <sub>сов</sub> м.	0	733	796	t <sub>сов</sub> м.	-405	370	454	t <sub>сов</sub> м.	405	831		859	t <sub>сов</sub> м.	0
1	0	35	406	427	447	0	447	497	0	477	512	0	498	738	0	718	743	0	733	796	-405	370	454	405	831	859	0	845	865	865			
	35	14	20	0	50	20	35	14	240	20	25	10	63	21	84	28	28	14	20														
t <sub>рес.св.</sub>	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
2	35	70	391	447	467	30	497	547	-15	512	547	205	738	954	-193	743	768	38	796	859	-384	454	538	349	859	887	-8	865	885	850			
	35	14	20	0	50	20	35	14	216	18	25	10	63	21	84	28	28	14	20														
t <sub>рес.св.</sub>	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		
3	70	112	369	467	487	60	547	607	-40	547	589	386	954	1182	-395	768	798	76	859	922	-349	538	622	293	887	915	-16	885	905	835			
	42	14	20	0	60	20	42	21	228	19	30	15	63	35	84	28	28	14	20														
t <sub>разв.</sub>	0		58		20		70		21		615		15		42		168		30														
ΣТ <sub>работ</sub>	112		429		587		519		1161		183		907		580		747		875														



Период развертывания  $T_{\Gamma}^p = 70$ .

Период развертывания вида работ Д:

$$\begin{aligned}T_{\text{ДИ}}^p &= 35 - 14 = 21; \\T_{\text{ДИ}}^p &= 35 + 35 - 14 - 240 = -184; \\T_{\text{ДИИ}}^p &= 35 + 35 + 42 - 21 - 240 - 216 = -365.\end{aligned}\tag{28}$$

Период развертывания  $T_{\text{Д}}^p = 21$ .

Период развертывания вида работ Е:

$$\begin{aligned}T_{\text{ЕИ}}^p &= 240 - 20 = 220; \\T_{\text{ЕИ}}^p &= 240 + 216 - 18 - 25 = 413; \\T_{\text{ЕИИ}}^p &= 240 + 216 + 228 - 19 - 25 - 25 = 615.\end{aligned}\tag{29}$$

Период развертывания  $T_{\text{Е}}^p = 615$ .

Период развертывания вида работ Ж:

$$\begin{aligned}T_{\text{ЖИ}}^p &= 25 - 10 = 15; \\T_{\text{ЖИ}}^p &= 25 + 25 - 10 - 63 = -23; \\T_{\text{ЖИИ}}^p &= 25 + 25 + 30 - 15 - 63 - 63 = -61.\end{aligned}\tag{30}$$

Период развертывания  $T_{\text{Ж}}^p = 15$ .

Период развертывания вида работ З:

$$T_{\text{ЗИ}}^p = 63 - 21 = 42;\tag{31}$$

$$T_{3II}^p = 63 + 63 - 21 - 84 = 21;$$

$$T_{3III}^p = 63 + 63 + 63 - 35 - 84 - 84 = -14.$$

Период развертывания  $T_3^p = 42$ .

Период развертывания вида работ И:

$$T_{II}^p = 84 - 28 = 56;$$

$$T_{III}^p = 84 + 84 - 28 - 28 = 112; \quad (32)$$

$$T_{III}^p = 84 + 84 + 84 - 28 - 28 - 28 = 168.$$

Период развертывания  $T_I^p = 168$ .

Период развертывания вида работ К:

$$T_{KI}^p = 28 - 14 = 14;$$

$$T_{KII}^p = 28 + 28 - 14 - 20 = 22; \quad (33)$$

$$T_{KIII}^p = 28 + 28 + 28 - 14 - 20 - 20 = 30.$$

Период развертывания  $T_I^p = 30$ .

Матрица исходных данных для КПУ представлена в таблице 21.

Расчёт КПУ производится на основании рекомендаций [51 – 69] и представлен в таблице 22.

Таблица 21 – Матрица исходных данных для КПУ

№ объектного потока	А		t <sub>совм</sub>	Б		t <sub>совм</sub>	В		t <sub>совм</sub>	Г		t <sub>совм</sub>	Д		t <sub>совм</sub>	Е		t <sub>совм</sub>	Ж		t <sub>совм</sub>	З		t <sub>совм</sub>	И		t <sub>совм</sub>	К		T <sub>объекта</sub>
1 сроки	0	35	14	22	42	0	42	92	20	72	107	14	93	333	20	313	338	10	328	391	21	370	454	28	426	454	14	440	460	460
1 прод-ть	35			20			50			35			240			25			63			84			28			20		
2 сроки	0	35	14	22	42	0	42	92	20	72	107	14	93	309	18	291	316	10	306	369	21	348	432	28	404	432	14	418	438	438
2 прод-ть	35			20			50			35			216			25			63			84			28			20		
3 сроки	0	42	14	28	48	0	48	108	20	88	130	21	110	338	19	319	349	15	334	397	35	369	453	28	425	453	14	439	459	459
3 прод-ть	42			20			60			42			228			30			63			84			28			20		
ΣT <sub>работ</sub>	112			60			160			112			684			80			189			252			84			60		

Таблица 22 – Матрица результатов КПУ

№ ОБЪЕКТНОГО ПОТОКА	А		t <sub>фр.с</sub> в	Б		t <sub>фр.с</sub> в	В		t <sub>фр.с</sub> в	Г		t <sub>фр.с</sub> в	Д		t <sub>фр.с</sub> в	Е		t <sub>фр.с</sub> в	Ж		t <sub>фр.с</sub> в	З		t <sub>фр.с</sub> в	И		t <sub>фр.с</sub> в	К		Т <sub>объект</sub> а
	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>	t <sub>совм</sub>		
1	0	35	1	22	42	0	42	92	0	72	107	0	93	333	0	313	338	0	328	391	0	370	454	0	426	454	0	440	460	460
	35			20			50			35		240		25		63		84		28		20		440		460				
	0	35	14	22	42	0	42	92	20	72	107	14	93	333	20	313	338	10	328	391	21	370	454	28	426	454	14	440	460	
t <sub>рес.св.</sub>	205			220			190			205			0			193			155			134			190			198		
2	240	275	1	262	282	0	282	332	0	312	347	0	333	549	0	531	556	0	546	609	0	588	672	0	644	672	0	658	678	438
	35			20			50			35		216		25		63		84		28		20		658		678				
	240	275	14	262	304	0	282	374	20	312	419	14	333	642	18	531	847	10	546	915	21	588	1020	28	644	1076	14	658	1096	
t <sub>рес.св.</sub>	164			163			113			108			0			0			0			0			0			0		
3	275	317	-21	282	302	30	332	392	-25	347	389	181	549	777	-202	556	586	38	609	672	35	672	756	-56	672	700	-8	678	698	423
	42			20			60			42		228		30		63		84		28		20		678		698				
	439	481	14	467	487	0	487	547	20	527	569	21	549	777	19	758	788	15	773	836	35	808	892	28	864	892	14	878	898	
ΣT <sub>работ</sub>	317			302			392			389			777			586			672			756			700			698		

Сравнительная характеристика представленных расчётов по каждому из методов расчёта объединения строительных потоков при устройстве заданных строительных объектов, представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная характеристика расчёта объединения строительных потоков методами КПК, КПА, КПУ

№ п/п	Показатели	Методы организации работ		
		КПК	КПА	КПУ
1	Продолжительность возведения градостроительного комплекса, дн.	898	905	898
2	Продолжительность строительства объектов, дн.:			
2.1	Объект №1	460	865	460
2.2	Объект №2	438	850	438
2.3	Объект №3	459	835	423
3	Меж объектные простои бригад (растяжение ресурсной связи) дн.	3268	0	2374
4	Простои объекта (растяжение фронтальной связи), дн.	0	1203	284

При расчёте объединения строительных потоков в рамках возведения комплекса заданных объектов жилого назначения в городе Санкт-Петербурге установлено следующее:

- наименьшую длительность строительно-монтажного производства имеют методы КПК и КПУ, наибольшую – КПА;

- наибольшие меж объектных простоя бригад (растяжения ресурсной связи) выявлены за методом КПК, меньшие – за КПУ. Методы КПА лишен явления меж объектных простоев бригад;

- метод КПК декларирует отсутствие простоев объекта (нулевое растяжение фронтальной связи), однако для реальных условий строительства с учётом финансово-материального обеспечения для данного способа организации строительства не учитываются издержки от увеличения продолжительности каждого вида работ и каждого объектного потока и всего комплексного потока в целом, а также эффективность самих объектных потоков.

Принимая во внимание приведенные выводы по результатам расчётов объединения строительных потоков в качестве основного, принимаем метод агрегированных потоков (КПА), реализация которого позволит организовать эффективное использование ресурсов, ввиду нулевого значения ресурсной связи, избежать простоев бригад привлекаемого строительно-монтажного персонала, что возможно при функционировании центра диспетчеризации одновременного комплексного строительного производства с учётом ситуативного подхода и оперативного реагирования на локальные условия осуществления строительства на выделенных строительных объектах.

На основании расчётных данных для принятого метода объединения строительно-монтажных потоков сформирован календарный график выполнения работ, представленный в приложении А.

## Заключение

МД: Оптимизация организационно-технологических процессов при возведении высотных зданий на основе ситуационного подхода.

В соответствии с поставленными целями и задачами, в рамках настоящего диссертационного исследования, получены следующие результаты:

- исследованы технологические особенности строения и возведения высотных строительных объектов;

- исследована, систематизирована и дополнена классификация системы организационно-технологической документации, в частности календарного планирования (подробно рассмотрены методы КПК, КПА, КПУ);

- сформулированы нормативные требования к организации календарного планирования для объектов капитального строительства, приведены закономерности относительно формирования нормативных сроков производства капитального строительства для высотных объектов (в частности, для объектов жилого фонда), а также получены методы оптимизации календарного планирования. Сформулировано понятийно-терминологическое основание относительно объединения строительных потоков;

- разработана методика корректировки календарного плана возведения высотных зданий на основе ситуационного подхода, где в качестве локальных условий строительного производства высотных жилой комплекс, а для оптимизации приняты три концептуальные модели календарного планирования – КПК, КПА, КПУ;

- выбран и обоснован комплекс строительных объектов жилого назначения.

объект капитального строительства №1: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Садовая ул., участок 1, (напротив д. 16 по Садовой ул.);

объект капитального строительства №2: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (северо-западнее д. 16, литера А по Центральной ул.);

объект капитального строительства №3: многоквартирный дом со встроенным подземным гаражом по адресу: г. Санкт-Петербург, Колпинский район, пос. Металлострой, Центральная ул., участок 1, (юго-западнее д. 21, корпус 3 по Садовой ул.);

– для заданного комплекса строительных объектов жилого назначения сформирован проект капитального строительства, а установлена единичная нормативная продолжительность строительства каждого из объектов, которая при организации последовательного строительства составляет – 1520 дн.;

– изучена методология объединения строительных потоков в рамках строительного производства комплекса типовых строительных объектов, для анализа выделены три метода – метод комбинированных потоков (КПК), метод агрегированных потоков (КПА), метод уплотнённых потоков (КПУ);

– при расчёте объединения строительных потоков в рамках возведения комплекса заданных объектов жилого назначения в городе Санкт-Петербурге установлено следующее:

наименьшую длительность строительно-монтажного производства имеют методы КПК и КПУ, наибольшую – КПА;

наибольшие меж объектных простоя бригад (растяжения ресурсной связи) выявлены за методом КПК, меньшие – за КПУ. Методы КПА лишены явления меж объектных простоя бригад;



метод КПК декларирует отсутствие простоев объекта (нулевое растяжение фронтальной связи), однако для реальных условий строительства с учётом финансово-материального обеспечения для данного способа организации строительства не учитываются издержки от увеличения продолжительности каждого вида работ и каждого объектного потока и всего комплексного потока в целом, а также эффективность самих объектных потоков.

– принимая во внимание приведенные выводы по результатам расчётов объединения строительных потоков в качестве основного, принят метод агрегированных потоков (КПА), реализация которого позволит организовать эффективное использование ресурсов, ввиду нулевого значения ресурсной связи, избежать простоев бригад привлекаемого строительно-монтажного персонала. Сокращение сроков строительства в сравнении с последовательной организацией работ по возведению заданного комплекса строительных объектов жилого назначения составил 615 дн. (сокращение на 40,5 %).

На основании расчётных данных для принятого метода объединения строительно-монтажных потоков сформирован календарный график выполнения работ.

## Список используемых источников

1. Akinradewo, O. Impact of Construction Project Planning on Contractor's Profit [Web recourse] : IOP Conference Series Earth and Environmental Science 385:012009 // DOI:10.1088/1755-1315/385/1/012009. – Access mode [site] : researchgate.net, 2021.
2. High-rise building (ESN 18727) // Emporis. Hamburg, 2014. – Access mode [site]: emporis.com, 2021.
3. OECD Better Life Index [Web resource]: Official site. – Access mode [site] : oecdbetterlifeindex.org, 2021.
4. Skyscraper (ESN 24419) [Web recourse] : Emporis. Hamburg, 2014. – Access mode [site] : emporis.com, 2021.
5. Zwikael, O. Critical planning processes in construction projects [Web recourse] : Construction Innovation 9(4):372-387 // DOI:10.1108/14714170910995921. – Access mode [site] : researchgate.net, 2021.
6. Абрамян, С. Г. Комплексная разработка технологии возведения монолитных конструкций высотных и уникальных зданий [Текст]: Учебное пособие / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. – 148 с.
7. Аксёнова, С. М. Технология и организация строительства: организация строительного производства [Текст]: Методические указания / С. М. Аксёнова. – Омск: СибАДИ, 2018. – 85 с.
8. Аленичева, Е. В. Организация строительства поточным методом [Текст]: Учеб. пособие / Е. В. Аленичева. – Тамбов: Изд-во Тамбов гос. техн. ун-та, 2004. – 80 с.
9. Афанасьев, В. А. Модели поточной организации работ [Текст]: Учебное пособие / В. А. Афанасьев, Т. Ф. Морозова. – СПб.: СПбГПУ, 2002. – 37 с.

10. Боброва, Т. В. Организационно-технологические решения при управлении проектами в строительстве [Текст]: Учебно-методическое пособие. Примеры / Т. В. Боброва. – Омск: СибАДИ, 2018. – 84 с.

11. Болотин, С. А. Конвергенция организационно-технологического и архитектурно-строительного проектирования, ориентированного на энергоресурс сбережение при строительстве и эксплуатации зданий [Текст] : Монография / С. А. Болотин, А. Х. Дадар. – СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 200 с.

12. Болотин, С. А. Организация строительного производства [Текст]: Учебное пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – М.: Академия, 2007. – 208 с.

13. Бурлаченко, О. В. Проектирование, расчет и оптимизация потоков строительного производства [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / О. В. Бурлаченко, Е. А. Бутенко, Н. А. Аксенова. – М-во образования и науки Росс. Федерации, Волгоград. гос. архит.-строит. ун-т. – Электронные текстовые и графические данные (582 Кбайт). – Волгоград : ВолгГАСУ, 2012.

14. Бутенко, Е. А. Календарное планирование [Текст]: Учебное пособие / Е. А. Бутенко, Н. А. Аксенова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2018. – 124, [1] с.

15. Войтович, С. А. Организация, планирование и управление в строительстве. Возведение высотных зданий. ПОС и ППР [Текст] : Методические указания. Примеры расчетов и чертежей / С. А. Войтович. – Омск: СибАДИ, 2018. – 85 с.

16. Генералов, В. П. Особенности проектирования высотных зданий сооружений [Текст]: Учеб. пособие / В. П. Генералов. – Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. – Самара, 2009. – 296 с, ил.

17. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Текст]: ГОСТ (Государственный стандарт) / Росстандарт. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2015.

18. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 24 апреля 2020 года) [Текст]: Федеральный закон от 29 декабря 2004 № 190-ФЗ / Государственная Дума. – Российская газета, N 290, 30.12.2004. Парламентская газета, N 5-6, 14.01.2005 // Собрание законодательства Российской Федерации N 1 (ч.1), 03.01.2005, ст.16. // Приложение к «Российской газете», N 4, 2005.

19. Гусев, Н. И. Организационные основы строительных процессов [Текст]: Учебное пособие / Н. И. Гусев, М. В. Кочеткова, В. И. Логанина. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 272 с.

20. Жидков, Р. Ю. Принципы проведения инженерно-геологических изысканий для проектирования и строительства высотных зданий на урбанизированных территориях (на примере г. Москвы) [Текст] : Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Специальность 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение / Р. Ю. Жидков. – Москва, Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе, 2012. – 203 с.

21. Зекин, В. Н. Основы организации, управления и планирования в строительстве [Текст]: Методические указания по выполнению практических работ / В. Н. Зекин, И. М. Печенцов, А. Г. Пак. – Пермь: ПрокростЪ, 2019. – 32 с.

22. Ключков, Д. П. Организационно-технологические решения в строительстве [Текст] : Учебное пособие / Д. П. Ключков, О. В. Бурлаченко, О. П. Радченко. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. — 128, [1] с.

23. Ковалева, Л. В. Организация и планирование в строительстве [Текст] : Учебное пособие / Л. В. Ковалева. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 137 с.

24. Коклюгина, Л. А. Технология и организация строительства высотных многофункциональных зданий [Текст]: Учебно-методическое пособие / Л. А. Коклюгина, А. В. Коклюгин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект. - строит. ун-та, 2016. – 116 с.

25. Комитет по строительству Администрации Санкт–Петербурга [Электронный источник]: Официальный сайт. – Режим доступа: [сайт]: komstroy.spb.ru, 2020.

26. Коротаев, Д. Н. Организация строительного производства [Текст]: Методические указания / Д. В. Коротаев. – Омск: СибАДИ, 2017. – 63 с.

27. Кудрявцева, В. Д. Организация жилищно-гражданского строительства поточным методом [Текст]: Методические указания. Методические указания / В. Д. Кудрявцева, К. В. Тармосин, Л. Ю. Гусева. – М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 50 с.

28. Кунц, А. Л. Основы организации, управления и планирования в строительстве [Текст]: Курс лекций / А. Л. Кунц. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2015. – 286 с.

29. Леденев, В. В. Высотные здания [Текст]: Пособие для студентов магистратуры, обучающихся по направлению «Строительство» / В. В. Леденев. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – 276 с.

30. МДС 12-23.2006 Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий-комплексов в Москве [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / АО «НИЦ «Строительство». – Официальное издание. М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2006.

31. МДС 12-29.2006 Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / ЦНИИОМТП. – М.: ФГУП ЦПП, 2007.

32. МДС 12-43.2008 Нормирование продолжительности строительства зданий и сооружений. [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / ЗАО «ЦНИИОМТП». – М.: ОАО «ЦПП», 2008.

33. МДС 12-46.2008 Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / ЗАО «ЦНИИОМТП». – М.: ОАО «ЦПП», 2009.

34. МДС 12-81.2007 Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / ЦНИИОМТП. – М.: ФГУП ЦПП, 2007.

35. МДС 50-1.2007 Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов [Текст]: МДС (Методические документы в строительстве) / АО «НИЦ «Строительство». – М.: ФГУП ЦПП, 2007.

36. МРР 3.2.81-12 Рекомендации по определению норм продолжительности строительства зданий и сооружений, строительство которых осуществляется с привлечением средств бюджета города Москвы [Текст]: МРР (Методические региональные рекомендации) / ГУП Моспромпроект. – М.: ГУП НИАЦ, 2012.

37. Мустакимов, В. Р. Проектирование высотных зданий [Текст]: Учебное пособие / В. Р. Мустакимов, С. Н. Якупов. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ), 2014. – 243 с.

38. Олейник, П. П. Организация строительного производства: подготовка и производство строительного-монтажных работ [Текст] : Учебное пособие / П. П. Олейник, В. И. Бродский. – Москва: МГСУ, 2014. – 96 с.

39. Организация и управление в строительстве [Текст]: Учебное пособие для вузов / Д.В. Хавин [и др.]. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 141 с.

40. Организация строительства объектов и комплексов. Дипломное проектирование [Текст]: Учебное пособие / О. Г. Ступакова [и др.]. – СПб.: СПбГАСУ, 2015. – 185 с.

41. Пертростат. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области [Электронный источник]: Официальный сайт. – Режим доступа: [сайт]: petrostat.gks.ru, 2020.

42. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Текст]: Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 декабря 2020 года)» / Правительство РФ. – Российская газета, N 41, 27.02.2008 // Собрание законодательства Российской Федерации, N 8, 25.02.2008, ст.744.

43. Попов, М. В. Производственный менеджмент [Текст]: Учебное пособие / М. В. Попов, А. И. Чуб. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2016. – 88 с.

44. Пособие к СНиП 1.04.03–85 Пособие по определению продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений [Текст]: Пособие / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. Дата актуализации: 01.01.2020.

45. Постановление Правительства РФ от 05 мая 2014 №404 «О некоторых вопросах реализации программы «Жилье для российской семьи» в рамках государственной программы Российской Федерации "Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации" (с изменениями на 10 февраля 2017 года)» [Текст / Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ / Правительство РФ. – Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]: Режим доступа: pravo.gov.ru, 07.05.2014. Собрание законодательства Российской Федерации, N 19, 12.05.2014, ст.2438.

46. Постановление Правительства РФ от 30.12.2017 N 1710 (ред. от 02.08.2019) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» [Электронный ресурс / Текст]: Правительство РФ / Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]: Режим доступа: pravo.gov.ru, 24.04.2014. – Собрание законодательства Российской Федерации, N 18 (ч.III), 05.05.2014, ст.2169.

47. Правила землепользования и застройки Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21 июня 2016 №524 «О Правилах землепользования и застройки Санкт-Петербурга (с изменениями на 17 февраля 2020 года)» / Правительство Санкт-Петербурга. – Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга: Режим доступа : [сайт] : gov.spb.ru/norm\_baza/npa, 29.06.2016.

48. Правила по охране труда при работе на высоте [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 16 ноября 2020 № 782н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте». – Официальный интернет-портал правовой информации : Режим доступа [сайт]: pravo.gov.ru, 16.12.2020, N 0001202012160036.

49. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 января 2019 №65/пр «Об утверждении методических рекомендаций по разработке региональной адресной программы по переселению граждан из аварийного жилищного фонда, признанного таковым до 1 января 2017 года (с изменениями на 18 февраля 2020 года) [Электронный ресурс] : Приказ Минстроя России / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [сайт]: Режим доступа: minstroyrf.gov.ru, 18.02.2020.



50. Проект приказа Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07 июня 2016 «Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]: Проект приказа Минстроя России / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальный сайт строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства [сайт]: Режим доступа: [minstroyrf.ru](http://minstroyrf.ru), 07.06.2016.

51. Разработка организационно-технологической документации на строительство зданий или сооружений [Текст]: Учебное пособие / С. Б. Сборщиков [и др.]. – М.: МГСУ, 2014, – 66 с.

52. Распоряжение Правительства РФ от 16 марта 2019 №446-р «Об утверждении целевых показателей реализации в период 2019-2021 годов региональных адресных программ по переселению граждан из аварийного жилищного фонда, признанного таковым по состоянию на 1 января 2017 г.» [Текст / Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ / Правительство РФ. – Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]: Режим доступа: [pravo.gov.ru](http://pravo.gov.ru), 26.03.2019, N 0001201903260016. Собрание законодательства Российской Федерации, N 13, 01.04.2019, ст.1434.

53. РАСЭ. Том 13. Строительство высотных зданий и сооружений [Текст]: РАСЭ (Российская архитектурно-строительная энциклопедия (РАСЭ)) / Коллектив авторов. – Т. XIII. – М., 2010. – 543 с.

54. РД-11-02-2006 Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения [Текст]: РД (Руководящий документ) // Приказ Ростехнадзора от 26 декабря 2006 №1128 «Об утверждении и введении в действие Требований к составу и порядку ведения

исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения (с изменениями на 9 ноября 2017 года)». // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 13, 26.03.2007 / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору – Серия 18, Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в области строительства, выпуск 2, 2007.

55. РД-11-05-2007 Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства [Текст]: РД (Руководящий документ) / Приказ Ростехнадзора от 12 января 2007 №7 «Об утверждении и введении в действие Порядка ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 14, 02.04.2007. / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору – Серия 18, Документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в области строительства, выпуск 2, 2007.

56. РД-11-06-2007 Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ [Текст]: РД (Руководящий документ) / М 54. Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ (РД-11-06-2007). // Серия 10. Выпуск 72 / Колл. авт. – М.: Открытое акционерное общество

«Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2007. – 236 с.

57. РМД 31-04-2008 Санкт-Петербург Рекомендации по строительству жилых и общественных высотных зданий [Текст]: РМД (Региональные методические документы) / Комитет по строительству Санкт-Петербурга. – Официальное издание. СПб.: Правительство Санкт-Петербурга, 2008.

58. Романович, М. А. Повышение организационно-технологической надежности монолитного домостроения на основе моделирования параметров календарного плана [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.08 - Технология и организация производства / М. А. Романович. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 194 с.

59. Россия в цифрах. 2020 [Текст]: Крат.стат.сб. / Росстат – М. , Р76 2020 – 550 с.

60. Руденко, А. А., Инновационные технологии возведения высотных зданий [Текст]: Учебно-методическое пособие / А. А. Руденко, Е. А. Ушакова. – Тольятти: Тольяттинский государственный университет (ТГУ), 2020. – 106 с.

61. СанПиН 2.1.2.2645-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях [Текст]: СанПиН (Санитарные правила и нормы) / Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 10 июня 2010 №64 «Об утверждении СанПиН 2.1.2.2645-10 (с изменениями на 27 декабря 2010 года)». – Российская газета, N 159, 21.07.2010.

62. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий [Текст] : СанПиН (Санитарные правила и нормы) / Главный государственный санитарный врач РФ // Минздравмедпром России. – Российская газета N 228, 21.11.2001. // Бюллетень нормативных актов федер. органов исполнит.

власти, N 48, 26.11.2001. // Приложение к «Российской газете», N 14, 2002 год. // Официальное издание, Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий: Санитарные правила и нормы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.

63. СНиП 1.04.03–85\* Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений сооружения [Текст]: Строительные нормы и правила (СНиП) / Официальное издание. Госстрой СССР – М.: АПП ЦИТП, 1991. Дата актуализации: 01.01.2020.

64. СП 112.13330.2011. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2) [Текст]: СП (Свод правил) / Минстрой России. – Официальное издание. Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2002.

65. СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\* (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

66. СП 12-136-2002 Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ [Текст]: СП (Свод правил) / Постановление Госстроя России от 17 сентября 2002 №122 «О Своде правил «Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ» // Госстрой России. – Российская газета, N 241, 25.12.2002. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 4, 27.01.2003.

67. СП 131.13330.2018 СНиП 23-01-99\* Строительная климатология [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

68. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81\* (актуализированного СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Минстрой России, ФЦС, 2016.

69. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\* (с Изменениями N 1, 2, 3) [Текст] : СП (Свод правил) / Минрегион России. – Официальное издание. М.: Минрегион России, 2012.

70. СП 154.13130.2013 Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности [Текст]: СП (Свод правил) / МЧС России. Официальное издание. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013.

71. СП 17.13330.2017 Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76 (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2017.

72. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Текст]: СП (Свод правил) / МЧС России. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2020.

73. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальный сайт Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации : Режим доступа: [сайт]: [minstroyrf.gov.ru](http://minstroyrf.gov.ru), 2016.

74. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-

коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

75. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Опечаткой, с Изменениями N 1, 2, 3) [Текст]: СП (Свод правил) / Минрегион России. – Официальное издание. М.: Минрегион России, 2011.

76. СП 253.1325800.2016 Инженерные системы высотных зданий [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

77. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования [Текст]: СП (Свод правил) / Минстрой России. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

78. СП 293.1325800.2017 Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Правила проектирования и производства работ [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

79. СП 305.1325800.2017 Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

80. СП 339.1325800.2017 Конструкции из ячеистых бетонов. Правила проектирования [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018.

81. СП 372.1325800.2018 Здания жилые многоквартирные. Правила эксплуатации [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018.

82. СП 394.1325800.2018 Здания и комплексы высотные. Правила эксплуатации [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018.

83. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: СП (Свод правил) / МЧС России. – Официальный сайт Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : Режим доступа: [сайт]: [mchs.gov.ru](http://mchs.gov.ru), 2013.

84. СП 401.1325800.2018 Здания и комплексы высотные. Правила градостроительного проектирования [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

85. СП 412.1325800.2018 Конструкции фундаментов высотных зданий и сооружений. Правила производства работ [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

86. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* (с Изменениями N 1, 2) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

87. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

88. СП 477.1325800.2020 Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: СП (Свод правил) /

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальный сайт Минстроя России: Режим доступа [сайт]: [minstroyrf.ru](http://minstroyrf.ru), 2021.

89. СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004 [Электронный ресурс]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальный сайт Минстроя России: Режим доступа [сайт]: [minstroyrf.ru](http://minstroyrf.ru), 2020.

90. СП 49.13330.2010 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования [Текст]: СП (Свод правил) / Госстрой России. – Бюллетень нормативных актов федер. органов исполнит. Власти N 38, 17.09.2001 // Официальное издание, М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001.

91. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Минрегион России. – Официальное издание. М.: Минрегион России, 2012.

92. СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий [Текст]: СП (Свод правил) / АО «НИЦ «Строительство». – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2007.

93. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

94. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019.

95. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3)



[Текст] : СП (Свод правил) / Минрегион России. – Официальное издание М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013.

96. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87 (с Изменением N 1) [Текст] : СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

97. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75 (с Изменением N 1) [Текст]: СП (Свод правил) / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017.

98. СТО НОСТРОЙ 2.15.70-2012 Инженерные сети высотных зданий. Устройство систем теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения [Текст]: СТО (Стандарт организации) / НОСТРОЙ. – М.: НОСТРОЙ, 2012.

99. СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 Организация строительного производства. Подготовка и производство строительных и монтажных работ (с Поправкой) [Текст]: СТО (Стандарт организации) / НОСТРОЙ. – Официальное издание. М.: Национальное объединение строителей, 2012.

100. СТО НОСТРОЙ 2.35.73-2012 Инженерные сети высотных зданий. Системы обеспечения комплексной безопасности высотных зданий и сооружений [Текст]: СТО (Стандарт организации) / НОСТРОЙ. – М.: НОСТРОЙ, 2012.

101. СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля (с Изменением N 1, с Поправкой) [Текст]: СТО (Стандарт организации) / НОСТРОЙ. – Национальное объединение строителей, 2011.

102. Строительство в России. 2020 [Текст]: Стат. сб. / Росстат. – М., С863 2020. – 113 с.

103. Теличенко, В. И. Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий [Текст]: Учебник для вузов / В. И. Теличенко. – М.: АСВ, 2016. — 744 с.

104. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года) [Текст]: ФЗ (Федеральный закон) от 30.12.2009 N 384-ФЗ / Государственная Дума. – Российская газета, N 255, 31.12.2009. // Собрание законодательства Российской Федерации, N 1, 04.01.2010, ст.5.

105. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 года) [Текст]: ФЗ (Федеральный закон) от 22.07.2008 N 123-ФЗ / Государственная Дума. – Парламентская газета, N 47-49, 31.07.2008 (без приложения). // Российская газета, N 163, 01.08.2008. // Собрание законодательства Российской Федерации, N 30, 28.07.2008, (ч.1), ст.3579.

106. Указ Президента РФ от 07 мая 2018 №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года (с изменениями на 21 июля 2020 года) [Текст / Электронный ресурс] : Указ Президента РФ / Президент РФ. – Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]: Режим доступа: [pravo.gov.ru](http://pravo.gov.ru), 07.05.2018, N 0001201805070038. Собрание законодательства Российской Федерации, N 20, 14.05.2018, ст.2817.

107. Федеральный закон от 21 июля 2007 №185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства (с изменениями на 7 апреля 2020 года)» [Текст]: ФЗ (Федеральный закон) / Государственная Дума. – Российская газета, N 162, 27.07.2007. Собрание законодательства Российской Федерации, N 30, 23.07.2007, ст.3799. Парламентская газета, N 98, 02.08.2007.

108. Федеральный закон от 28 июня 2014 №172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации (с изменениями на 31 июля 2020

года)» [Текст/Электронный ресурс]: ФЗ (Федеральный закон) / Государственная Дума. – Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]: Режим доступа: [pravo.gov.ru](http://pravo.gov.ru), 30.06.2014. Российская газета, N 146, 03.07.2014. Собрание законодательства Российской Федерации, N 26 (ч.1), 30.06.2014, ст.3378.

109. Фомин, В. Н. Организация строительного производства [Текст]: Учебное пособие / В. Н. Фомин, Д. В. Хавин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 115 с. – 73 с.

110. Чахкиев, И. М. Оптимизация трудовых ресурсов при обосновании директивных сроков строительства уникальных объектов [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.08 - Технология и организация производства / И. М. Чахкиев. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 170 с.

111. Челнокова, В. М. Организация комплексной застройки населенных мест [Текст]: Учебное пособие / В. М. Челнокова, И. Г. Осипенкова, О. Г. Ступакова. – СПб.: СПбГАСУ, 2018. – 136 с.

112. Шевчук, Н. С. Организация и планирование строительного производства [Текст]: Учебно-методическое пособие / Н. С. Шевчук, Т. И. Романова. – Томск: ТГАСУ, 2014. – 92 с.

113. Шлапакова, Н. А. Организация производства на предприятиях отрасли (строительство) [Текст]: Учеб. пособие. / Н. А. Шлапакова, Т. Н. Чудайкина. Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.

114. Щукина, Н. М. Современное высотное строительство [Текст]: Монография / Н. М. Щукина (гл. ред.). – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 400 с.: ил.

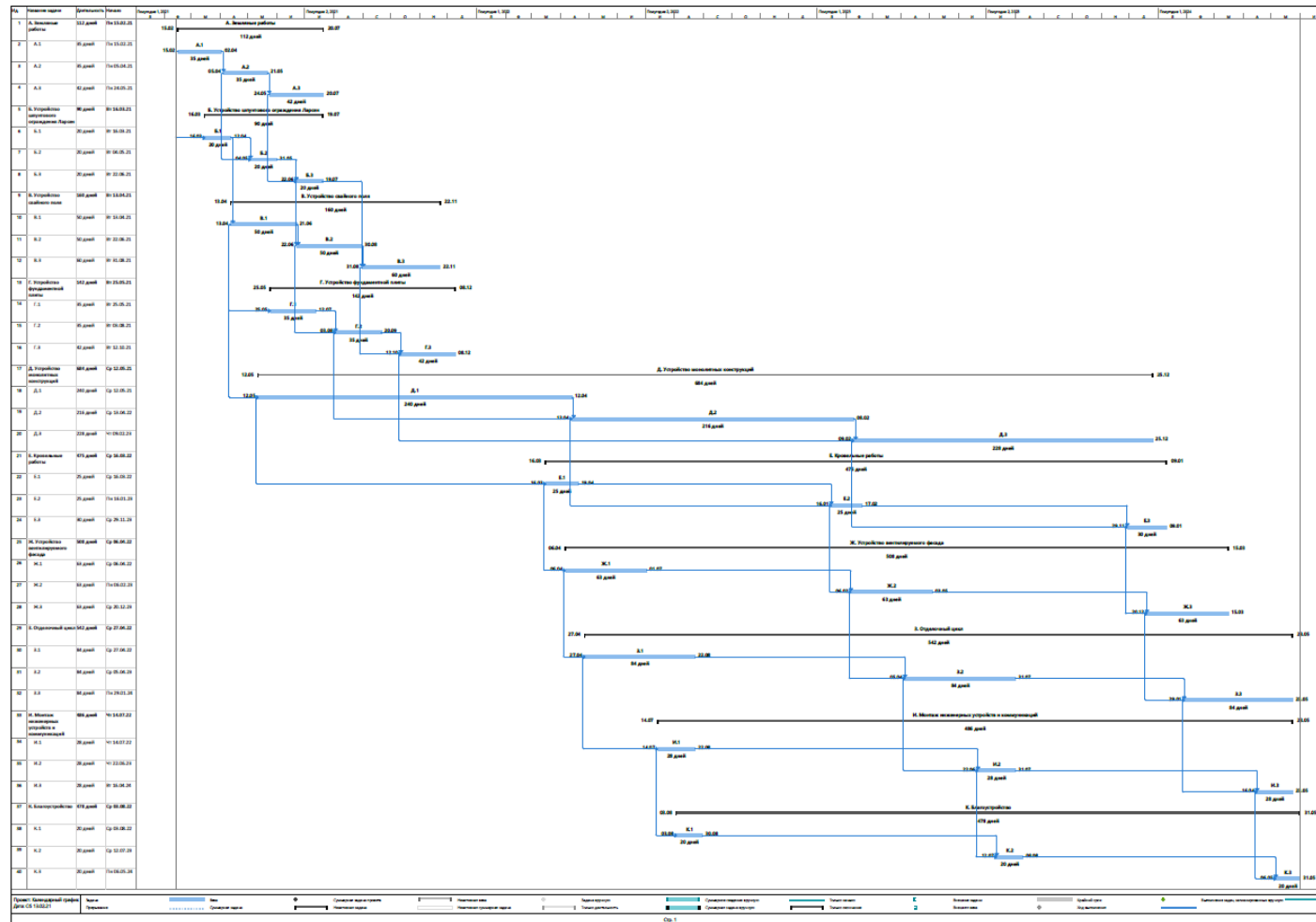


Рисунок А.1 - Календарный график КПА