

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Технология строительного производства»

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Совершенствование технологии скоростного строительства зданий с использованием монолитного железобетона»

Студент

С.С. Коренченко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.А. Руденко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

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

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой ПГСигХ

к.т.н., доцент, Д.С. Тошин

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Теоретические аспекты технологических решений монолитного домостроения.....	6
1.1 Анализ научных и практических подходов в монолитном домостроении..	6
1.2 Анализ технических решений по строительству зданий из монолитного железобетона .....	11
1.3 Анализ технологических решений по строительству зданий из монолитного железобетона.....	14
2 Разработка и моделирование процессов возведения монолитных ограждающих конструкций зданий в условиях скоростного строительства ..	19
2.1 Разработка технологических решений при выполнении арматурных работ при бетонировании монолитных конструкций.....	19
2.2 Разработка технологических решений при выполнении опалубочных работ при бетонировании монолитных конструкций .....	30
2.3 Разработка технологических решений по бетонированию монолитных конструкций.....	44
3 Предложения по технологии скоростного строительства в монолитном домостроении .....	50
3.1 Организационные и технологические особенности при бетонировании несущих монолитных конструкций .....	50
3.2 Предложения по нормированию работ и формированию состава бригады в монолитном домостроении .....	59
3.3 Разработка модели календарного планирования скоростного строительства объекта в монолитном домостроении .....	67
3.4 Оценка предлагаемой технологии строительства в монолитном домостроении .....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время строительство зданий из монолитного железобетона получило широкое распространение. Ранее при возведении многоэтажных объектов популярностью пользовалось строительство из сборного железобетона, однако при сравнении стоимости готового квадратного метра строения, монолитному домостроению нет равных.

В нашей стране данная технология применяется не так давно, в то время, как западные страны, просчитав экономические преимущества такого строительства, имеют глобальный опыт в данном направлении.

Экономическая выгода – это не единственное преимущество монолитного домостроения перед сборным. Данная технология позволяет архитекторам каждому строению придавать индивидуальный фасад, а также позволяет реализовать индивидуальные объемно-планировочные решения. Данное преимущество является актуальным в условиях растущего спроса на квартиры с индивидуальной планировкой. Здания из монолитного железобетона имеют более высокую конструктивную жесткость и прочность, а срок службы таких зданий составляет порядка 100-150 лет. Конструктивные особенности материала позволяют выдерживать землетрясения силой до 9 баллов. При этом скорость строительства зданий из монолитного железобетона уже не уступает сборному домостроению.

Что касается скорости возведения объектов, то постоянное сокращение сроков строительства является сложившейся тенденцией в монолитном домостроении.

Скоростное монолитное домостроение (СМД) является комплексом мероприятий по организации и технологии строительства, с помощью которых можно сократить сроки производства работ и снизить трудоемкость не изменяя качество продукции.

В этой связи выбранная тема диссертационного исследования является актуальной и востребованной.

Степень разработанности темы. Выявлено, что значительный вклад в решение теоретических и практических вопросов развития скоростного монолитного домостроения внесли А.В. Галумян, А.В. Сыров, Л.В. Зиневич, В.В. Дьячков и другие.

Однако в настоящее время вопросы технологии и организации работ по скоростному монолитному домостроению проработаны недостаточно.

Цель исследования – совершенствование технологии скоростного строительства зданий из монолитного железобетона для уменьшения трудоемкости, сроков возведения монолитного каркаса и получения экономического эффекта.

Объект исследования – технология скоростного строительства зданий из монолитного железобетона.

Предметом исследования диссертационной работы являются способы, методы, приемы выполнения работ по скоростному строительству зданий с применением монолитного железобетона.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Обосновать практическую значимость и целесообразность сокращения сроков строительства зданий из монолитного железобетона.
2. Проанализировать технологические особенности и опыт российского и зарубежного строительства зданий из монолитного железобетона.
3. Предложить решения по опалубочным, арматурным и бетонным работам для сокращения трудозатрат в СМД.
4. Разработать нормы времени для арматурных работ с использованием резьбового механического соединения.
5. Предложить технологию сокращения сроков строительства, трудозатрат за счет применения механического соединения арматуры, современных опалубочных систем, интенсификации твердения бетона и увязки технологических процессов.

Методы исследования - анализ, синтез, индукция, дедукция, факторный анализ, эксперимент, хронометраж.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Предложены и обоснованы нормы времени в монолитном домостроении при стыковании арматуры с использованием механических резьбовых муфт.

2. Предложен комплекс мероприятий позволяющий достичь сокращения сроков возведения зданий из монолитного железобетона.

3. Разработана модель календарного планирования скоростного строительства объекта в монолитном домостроении.

Практическая значимость заключается в возможности использования предложений по технологии скоростного строительства зданий в практической деятельности строительных организаций.

Апробация результатов исследования. По теме диссертационной работы опубликовано 2 статьи:

1. Коренченко, С.С. К вопросу об отдельных проблемах и направлениях развития монолитного домостроения в РФ / С.С. Коренченко, Д.А. Комаров, А.А. Руденко // Технические науки. Теория и практика: материалы II международной научно-практической конференции. -2017, с. 40-45.

2. Коренченко, С.С. К оценке и эффективности механического соединения металлической арматуры / С.С. Коренченко, Д.А. Комаров, А.А. Руденко // Электронный журнал «Наука и образование: новое время». -2017, №6.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и двух приложений. Общий объем работы 95 страниц машинописного текста.

# 1 Теоретические аспекты технологических решений монолитного домостроения

## 1.1 Анализ научных и практических подходов в монолитном домостроении

На сегодняшний день монолитное строительство занимает ведущее место во многих развитых зарубежных странах и в России. Масштабное применение бетона и железобетона обуславливается такими показателями, как: высокие физико-механические характеристики, долговечность, хорошая сопротивляемость температурным воздействиям, возможность получения конструкций сравнительно простыми технологическими методами [6, 16].

При этом, совсем недавно (1990 г.) предпочитали полносборное строительство, его объем составлял более 40%, а в крупных городах страны до 70%). Причиной тому было то, что строительство из сборных элементов в 50-х годах было провозглашено государственной политикой.

Строительство зданий из монолитного железобетона старались избегать, так как считали, что монолитный железобетон - материал с низким уровнем механизации, плохо поддающийся индустриализации, трудоемкий. Проектирование объектов жилищно-гражданского назначения с монолитным каркасом осуществлялось в основном для районов повышенной сейсмичности (Северный Кавказ, Средняя Азия, Крым и т.д.). Ориентация в строительстве только на сборный железобетон вызвала отдельные нежелательные результаты и существенные проблемы [5].

В настоящее время, в наиболее развитых странах, доля монолитного железобетона составляет 70%, а сборного железобетона - около 15%.

В России строительство из монолитного железобетона получило толчок в начале 90-х годов прошлого века. Переход к монолитному железобетону и популяризация его обусловлена тремя основными факторами:

- имеющаяся база сборного железобетона физически изношены (в связи со сложившейся экономической обстановкой);

- появление на отечественном рынке большого количества иностранных компаний, владеющими технологиями монолитного домостроения и необходимым оснащением;

- изменение стереотипов российского общества, которое больше не воспринимало типизацию и утилитарность архитектурных форм.

Появление на строительном рынке иностранных компаний, которые возводили оригинальные здания «под ключ» с высоким качеством работ, серьезным образом изменило традиционный взгляд на технологии монолитного строительства в России. Достаточно быстро на конкретных примерах наглядно был представлен весь диапазон возможностей монолитного железобетона для решения всего круга, связанных со строительством зданий самого различного назначения. При этом зарубежные строительные организации в жилищном строительстве уделяли особое внимание применению эффективных систем опалубок. Именно правильный выбор опалубки позволил достичь высокого уровня качества работ, а также сократить сроки строительства [1].

К концу 90-х годов отечественные строители приобрели опыт возведения зданий из монолитного железобетона, который позволил перенять перспективную технологию у иностранных компаний и убедиться в ее эффективности. Возможность повышения архитектурной выразительности массовой типовой застройки является не единственным положительным фактором монолитного строительства, так же к преимуществам можно отнести уменьшение расхода металла, суммарной трудоемкости и приведенных затрат по сравнению крупноблочным, кирпичным и крупнопанельным строительством.

Все эти преимущества позволяют строительству из монолитного железобетона массово развиваться в городах, особенно в наиболее опасных в сейсмическом отношении районах страны, а также в районах, где слабо развита база сборного железобетона. Круг возводимых объектов из монолитного железобетона на сегодня ощутимо расширился [5, 27].

Обеспечение населения современным комфортным жильем с развитой инфраструктурой, обеспеченной надежными инженерными сооружениями, является одной из важнейших социальных задач. На сегодняшний день в стране реализуется целевая федеральная программа «Жилье», согласно которой граждан, проживающих в аварийном жилище, переселяют в современные и безопасные дома с благоприятными условиями для проживания. Тем самым количество вводимых в эксплуатацию жилых площадей с каждым годом растет.

Согласно данным [27], сравнение стоимости 1м<sup>2</sup> новостройки при строительстве здания с использованием монолитного, сборного каркаса и с каркасом из кирпича представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Средняя цена строительства монолитного, панельного и кирпичного домов за 1 м<sup>2</sup>

№п/п	Тип дома	Трудоемкость выполнения работ, чел/дн	Продолжительность возведения типового этажа, дней	Стоимость материалов типового этажа	Стоимость 1м <sup>2</sup> новостройки, тыс. руб.
1	Монолитный	112,5	15	1,780,000	25-30
2	Панельный	51,52	8	1,510,000	20-25
3	Кирпичный	196,5	17	2,030,000	25-40

Для того чтобы вводить в эксплуатацию новые площади, необходимо эффективное повышение капитальных вложение в монолитное строительство для совершенствования техники и технологий строительных процессов. В том числе требуется решить целый ряд организационных и технических проблем, связанных с необходимостью:

- совершенствования системы нормативной, рекомендательной и методологической документации по монолитному строительству и разработка современной;

- повышение квалификации рабочих и необходимой культуры производства в строительстве из монолитного железобетона, а также повышение уровня качественного технологического оснащения строительных организаций;

- разработки и внедрения эффективной системы управления качеством, усовершенствующей технологическую документацию и обеспечивающей на объектах надежный технический контроль производства работ при непосредственном сотрудничестве строителей с научными институтами и лабораториями;
- сокращение материалоемкости, трудоемкости работ, непроизводственных издержек и сроков строительства;
- оценки качественного уровня проектных и строительных организаций.

Повышение качества и снижение стоимости возводимых объектов можно достичь за счет комплексного решения этих проблем.

Наиболее сложной проблемой является совершенствование нормативной документации для строительства зданий из монолитного железобетона, которая должна решить имеющиеся вопросы возведения монолитных зданий и проектирование их с учетом взаимосвязи различных технологий производства работ.

Качественное техническое оснащение строительных организаций, а также подготовка и постоянное повышение квалификации рабочих кадров является важным моментом.

Совершенствование технологий производства опалубочных, арматурных и бетонных работ, которые подробно рассмотрены в п.п.1.2, позволяют добиться снижения трудоемкости работ и стоимости строительства [30].

В монолитном домостроении на долю ручной рабочей силы приходится большой объем технологических операций. Для обеспечения качества и сокращения трудоемкости выполнения работ с применением монолитного железобетона появилась необходимость разработки методов управления строительными процессами и автоматизации их. Так как выдерживание бетона является основным периодом, который определяет сроки возведения зданий из монолитного железобетона, то существенно сократить время, за которое бетон набирает опалубочную прочность и повысить оборачиваемость опалубки

возможно за счет применения интенсификации твердения бетона и ранней распалубки.

Перспективным направлением развития технологи монолитного домостроения также является совершенствование системы управления качеством. Она включает в себя входной контроль качества поставляемых на строительную площадку материалов, операционный контроль качества выполнения работ и приемочный контроль качества выполненных конструкций здания [35, 38].

Оценка качественного уровня работ проектных и строительных организаций также входит в число организационных проблем. Выдача специальной лицензии на выполнение видов работ, а также приостановление ее действия или аннулирование в связи с низким уровнем качества выполненных работ является одним из решений этой проблемы. В соответствии с частью 2 статьи 52 Градостроительного кодекса Российской Федерации отдельные виды работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые влияют на безопасность объектов капитального строительства, могут выполняться только индивидуальными предпринимателями или юридическими лицами, имеющими специальное свидетельство о допуске к выполнению определенных видов работ. Свидетельства выдаются саморегулируемой организацией (СРО). СРО – это некоммерческие организации, сведения о которых внесены в государственный реестр саморегулируемых организаций, основанные на членстве лиц, которые осуществляют работы по реконструкции, капитальному ремонту, строительству и проектированию. Свидетельство о допуске к определенным видам работ выдается лицу, которое имеет членство в СРО, на основании квалификационных и численных требований рабочим кадрам:

- о наличии специального образования определенного уровня и профиля;
- к профессиональной подготовке и повышению квалификации;
- о наличии определенного стажа работы.

Благодаря созданным СРО повышается качество работ и ответственность лиц за причинение вреда жизни и здоровью людей, государственному имуществу и окружающей среде в результате некачественно выполненных строительных работ.

Из всего выше сказанного следует, что на настоящем этапе развития строительства зданий и сооружений из монолитного железобетона целесообразно вернуться к опыту сотрудничества строителей с научными организациями, которые имеют при себе современную лабораторную базу и высококвалифицированный персонал для того, чтобы совместно обеспечить высокий уровень контроля за выполнением работ и на основе полученных данных принимать организационно-управленческие решения на всех этапах возведения объекта, с целью достижения высокого качества, безопасности и надежности строительных работ.

## 1.2 Анализ технических решений по строительству зданий из монолитного железобетона

Технология монолитного домостроения пришла к нам из-за границы, в результате чего на российском рынке появились опалубочные системы. Под опалубочной системой понимается опалубка, которая в процессе строительства позволяет уложить бетон в конструкцию любой массивности конструкции. Опалубочная система – это совокупность формообразующих элементов, средства подмащивания, крепежно-выверочную оснастку и поддерживающие приспособления.

В систему опалубку входит [24, 33]:

- опалубка перекрытий;
- мелкощитовая опалубка (модульная опалубочная система, которая позволяет выполнять работу без использования крана, так как самая большая панель весит порядка 60 кг);
- крупнощитовая опалубка тяжелая (способная выдержать нагрузки 90 - 95 кН/м<sup>2</sup>).

Опалубочные системы ГК «Промстройконтракт» для строительства зданий из монолитного железобетона представлены на рисунке 1.1.

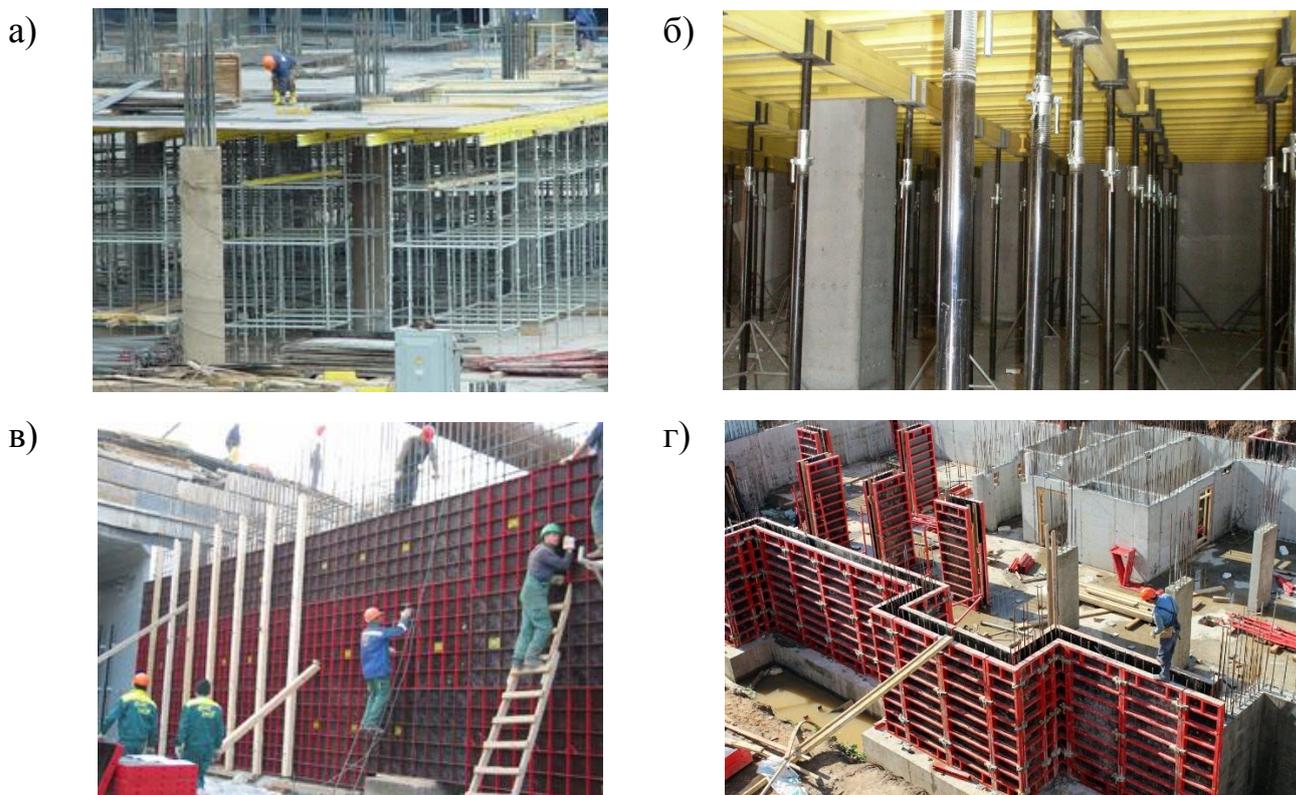


Рисунок 1.1 – Опалубочные системы для строительства зданий из монолитного железобетона: а) – рамная опалубочная система для перекрытия; б) - балочно-стоечная система для перекрытия; в) - мелкощитовая опалубка стен; г) крупнощитовая опалубка стен

Опалубка российских производителей не уступает по качеству и технологичности зарубежным образцам. На российском рынке хорошо себя зарекомендовали опалубочные системы «Старооскольская опалубка», «Стальформ», «Промстройконтракт», «Первая опалубочная компания» [33].

Опалубка иностранных производителей имеет более длительное время развития (30-45 лет), что позволило добиться большего совершенства. Широкое распространение из иностранных опалубочных систем на российском рынке получила щитовая опалубка фирмы «PERI», «MEVA» - Германия, «DOKA» - Австралия [25]. Так же в монолитном домостроении широко используется скользящая и тоннельная опалубка. Однако, тоннельная опалубка позволяет

возводить здания с регулярным планом этажа, а именно общественные здания, такие как гостиницы и общежития). Разборно-переставная опалубка, в отличие от тоннельной, позволяет возводить здания сложной конфигурации, имеющие нестандартные архитектурные решения. Здания с нестандартными архитектурными решениями значительно улучшают облик города. В последние годы широко используется самоподъемная опалубка, применяемая при ведении высотных зданий.

Система разборно-переставной опалубки должна удовлетворять следующим требованиям [2, 24]:

- иметь минимальную модульность щитов и панелей;
- быть простой и удобной в процессе монтажа, эксплуатации и демонтаже;
- обладать большой жесткостью и прочностью при минимальной массе и материалоемкости;
- быть высокооборотчиваемой и экономичной;
- при распалубливании конструкции должны сохранять бездефектную поверхность бетона.

Современные опалубочные системы российской компании «Промстройконтракт» имеют малое количество деталей, которое необходимо для более быстрой установки. В этих системах, используя всего два – три замка, можно соединить два щита как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. Благодаря высокой жесткости соединения, эти щиты можно перемещать отдельно собранными картами площадью до 40 м<sup>2</sup>. Замки обеспечивают плотность, ровность и связность соединения щитов опалубки.

При производстве бетонных работ условиями при бетонировании в сжатые сроки является необходимым применение высокопроизводительных средств механизации для подачи бетонной смеси на монтажный горизонт, рациональная и грамотная организация доставки бетонной смеси на строительную площадку и ее приемки [30].

Использование виброжелобов при подаче бетонной смеси возможно только при бетонировании конструкций ниже нулевой отметки, но при этом при распределении бетонной смеси возрастают трудозатраты.

На сегодняшний день наиболее удобным и производительным является трубопроводный способ, где подача и распределение бетонной смеси выполняется при помощи бетононасосов и распределительных стрел. Применяя бетононасосы и распределительные стрелы, бетонная смесь достаточно быстро подается к месту укладки и легко распределяется в конструкции независимо от высоты укладки при больших объемах [21].

На российском рынке широкое распространение получили такие фирмы по производству бетононасосов и распределительных стрел, как SANY, CIFA и Putzmeister, максимальная производительность которых достигает порядка 90м<sup>3</sup>/час.

Для обеспечения хорошей перекачки по бетоноводу бетонная смесь должна обладать высокой подвижностью (П4 и более). Использование подвижной бетонной смеси с высокой удобоукладываемостью позволяет снизить трудозатраты и время на ее распределение и уплотнение, также позволяет добиться минимального количества дефектов на поверхности конструкций, которое возникает при нарушении технологии укладки бетонной смеси (к примеру, недостаточное вибрирование). Применение современного оборудования (виброреек, вибраторов и т.д.) также позволяет повысить качество получаемой бетонной конструкции [21].

### 1.3 Анализ технологических решений по строительству зданий из монолитного железобетона

Рациональное армирование конструкций является преимуществом монолитного домостроения.

В монолитном строительстве армирование конструкций здания выполняется при помощи отдельных стержней, каркасов и сеток. Как известно, пространственные и плоские арматурные каркасы доставляются на

строительную площадку в комплекте с завода или предприятия, где осуществляется их изготовление. При возникновении сложностей с транспортировкой каркаса в целом виде, его перевозят сегментами и осуществляют укрупнительную сборку на площадке строительства. Как правило, такие каркасы применяют для устройства пилонов, колонн, ригелей и балок [30].

Технология «Spirex» является примером инновационного решения организационно-технологического усовершенствования производства арматурных работ. Путем изготовления непрерывных хомутов-спиралей квадратного или прямоугольного сечения для армирования колонн и балок [23].

Хомуты-спирали доставляются на строительную площадку в виде компактных связок. Увязывая хомуты-спирали в нескольких местах с рабочей арматурой, получается объемный каркас.

Применение технологии непрерывных хомутов-спиралей позволяет значительно увеличить производительность арматурных работ и упростить изготовление модульных конструкций. Изготовление хомутов-спиралей может быть любого шага и геометрии.

Арматурные сетки, используемые для армирования стен и перекрытий поступают на строительную площадку в рулонах и подаются краном на рабочее место. В соответствии с рабочим проектом сетку разворачивают и раскатывают. Стыкование сеток осуществляется нахлесточным способом или с применением дополнительных стыковых сеток с припуском концов арматуры [21].

Как известно, одним из важных этапов изменений производства арматуры стал повсеместный перевод с арматурной стали А III, предел текучести которой меньше  $400\text{Н/мм}^2$ , на унифицированную свариваемую арматурную сталь (А500С и В500), предел текучести которой равен  $500\text{Н/мм}^2$ . Введенная арматурная сталь отвечает нормативам европейских стандартов.

Стыкование арматуры играет очень важную роль на затраты труда при производстве арматурных работ. На сегодняшний день известны следующие способы стыкования: дуговая (ванная сварка), нахлесточное и механическое

соединение (муфты). Способ стыкования указывается в проектной документации [21].

До недавнего времени общепринятым способом стыкования арматуры в России и странах СНГ была ручная дуговая сварка (внахлестку, с накладками, на стальной скобе накладке, протяжными швами и т.д.). Однако в современном монолитном домостроении наблюдается популярность бессварочных методов стыкования арматуры, которые позволяют снизить затраты энергии и повысить коррозионную стойкость.

Соединение «внахлест» сегодня является основным способом, применяемым благодаря малым трудозатратам и простоте выполнения работ. Кроме того, стыкование арматуры с применением муфт в последнее время набирает популярность.

Бетонные работы – это процесс, который занимает достаточный промежуток времени, который состоит из следующих процессов [21, 30]:

- подачи бетонной смеси;
- укладки бетонной смеси;
- распределения бетонной смеси;
- выдерживания бетона в конструкции.

На сегодняшний день существуют современные самоуплотняющиеся и литые бетонные смеси, которые имеют высокие показатели пластичности, связности, сегрегационной устойчивости, удобоукладываемости, также требуют минимальной вибрации при укладке. Все перечисленные достоинства позволяют регулировать кинетику твердения и регулировать сроки схватывания бетонной смеси [10].

Традиционным способом ускорения твердения бетона является интенсификация его твердения. Применение этого способа позволяет сократить цикл бетонирования путем сокращения времени на выдерживание бетона в опалубочной системе до распалубочной прочности .

В монолитном домостроении широко используются следующие способы прогрева бетона уложенного в конструкцию [4, 11, 18]:

- прогрев бетона с применением греющего провода (используется для вертикальных и горизонтальных конструкций);

- прогрев бетона с применением стержневых электродов (используется для вертикальных конструкций);

- прогрев бетона с применением теплогенераторов на жидком топливе (используется для вертикальных и горизонтальных конструкций).

Согласно данным автора [29], удельный расход электроэнергии на термообработку 1м<sup>3</sup> наружной стены представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – удельный расход электроэнергии на термообработку 1м<sup>3</sup> стены

№ п/п	Толщина стены, м	Удельный расход электроэнергии, квт-ч/м <sup>3</sup>
1	0,3	8,63
2	0,4	6,72
3	0,5	5,5
4	0,6	4,61

График зависимости температуры бетона от времени представлен на рисунке 1.2 [29].

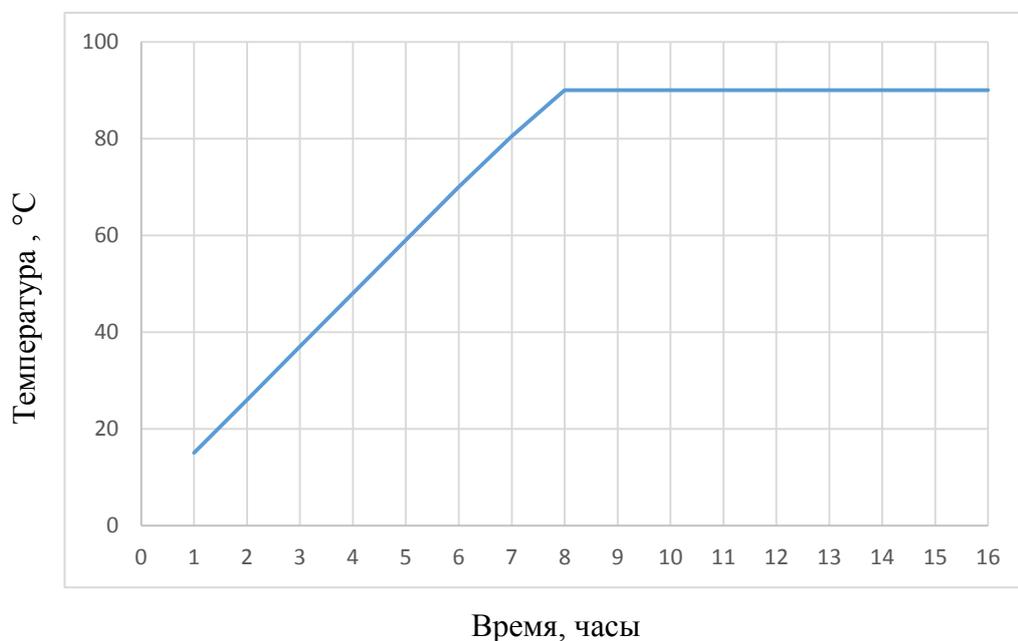


Рисунок 2.1 – График зависимости температуры от времени

Для повышения интенсификации твердения бетона в зимнее время применяются противоморозные добавки. Применение вяжущих низкой

водопотребности (ВНВ), быстротвердеющих цементов (БТЦ), бетонов на высокоактивном цементе (ПЦ 500-600) и т.д. позволяет сократить время выдерживания бетона в опалубочных системах и приобрести проектную прочность. Хочется отметить, что эти цементы имеют достаточно высокую стоимость, что объясняет отсутствие таких добавок в жилищном строительстве. Наиболее часто применяются высокоактивные цементы для интенсификации твердения бетона, но с ними работать также сложно как с ВНВ и БТЦ, поскольку с их применением бетоны быстро схватываются по сравнению с бетонными смесями на цементах марки М400 [10].

Своевременная доставка бетонных смесей на строительную площадку влияет на непрерывность бетонных работ. При больших объемах бетонных работ рационально использовать бетонные заводы в границах строительной площадки.

## 2 Разработка и моделирование процессов возведения монолитных ограждающих конструкций зданий в условиях скоростного строительства

### 2.1 Разработка технологических решений при выполнении арматурных работ при бетонировании монолитных конструкций

В выпускной квалификационной работе подбор и расчет опалубочных систем, деление фронта работ на захваты, определение объемов работ и календарное планирование выполняются на примере строительства 20-ти этажного жилого дома. План типового этажа представлен на рисунке 2.1.

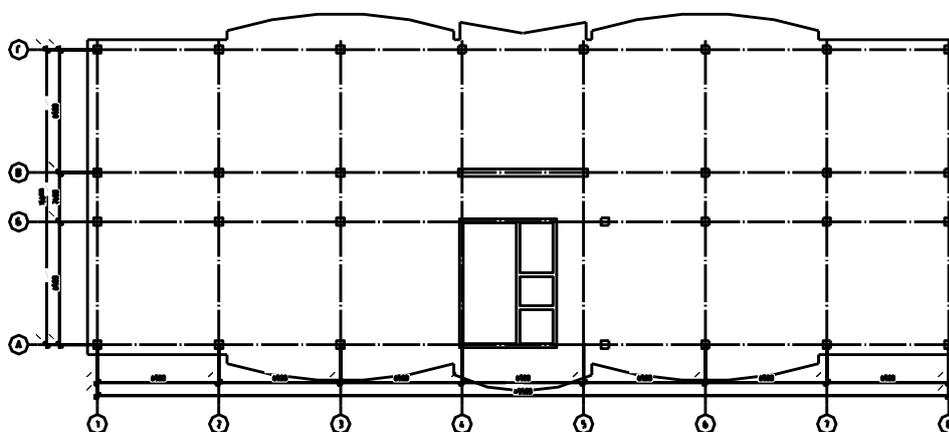


Рисунок 2.1 – План типового этажа

Исходные данные строящегося 20-ти этажного здания:

- Высота этажа:  $h=3\text{м}$ .
- Толщина перекрытия:  $\delta=200\text{мм}$ .
- Тип перекрытия: безбалочное монолитное перекрытие.
- Толщина стен:  $\delta=200\text{мм}$ .
- Сечение колонн:  $400\times 400\text{мм}$ .
- Объем бетона вертикальных конструкций:  $38,8\text{м}^3$ .
- Объем бетона горизонтальных конструкций:  $161,8\text{м}^3$ .

В доперестроечный период все строительство в нашей стране было основано на применении сборного железобетона. При переходе на широкое применение строительства с использованием монолитного железобетона [16], возникла проблема стыкования арматуры. Причем, особенно остро эта

проблема возникает при стыковании арматуры больших диаметров, которые стыковать способами, применяемыми на заводах ЖБИ и на объектах строительства, не удается.

В настоящее время набирает популярность принципиально новый подход к стыкованию арматуры на строительной площадке, это технология механических соединений арматуры (МСА), которая заменяет соединение арматуры стыкуемых внахлестку и использование ванной сварки.

При соединении арматуры внахлестку величина перепуска составляет от 40d до 65d [6]. Замена на МСА позволяет получить экономию арматуры до 40%, за счет того, что мы стыкуем стержни без потерь, что в пересчете на деньги окупает любые затраты, особенно если речь идет об арматуре больших диаметров. Также, для того, чтобы обеспечить прочность стыка, при способе соединения внахлест требуется большое количество поперечной арматуры, равной по площади сечения арматуры в стыке. Увеличение общего объема армирования приводит к увеличению трудоемкости при вязке арматуры и бетонировании из-за большого количества арматуры в бетонируемом участке. Также данные стыки запрещено применять при строительстве в сейсмоопасных районах, а также в конструкциях воспринимающих вибрации и динамические нагрузки. Так как передача усилия с одного стержня на другой, при соединении внахлест, осуществляется через бетон и, по мере разрушения защитного слоя бетона, конструкции здания выходят из строя, теряя несущую способность. Нужно иметь в виду, что эти стыки в большинстве стран просто запрещены, так как страховые компании прочность таких стыков гарантировать не могут, это объясняется тем, что в лабораторных условиях данный стык испытать невозможно [17].

Что касается сварочных соединений, то они в современном строительстве достаточно дорогие. При выполнении ванной сварки необходимо иметь большое количество дополнительного оборудования и специальной оснастки, применение сварочных соединений влекут за собой высокие затраты за электроэнергию, большой расход материалов, также требуется дорогостоящий

радиографический контроль каждого стыка [6]. Для выполнения работ требуются специалисты сварщики высокой квалификации, при этом квалификационный сварщик изготавливает за смену не более 8-ми стыков арматуры большого диаметра. Стоит отметить, что при использовании ванной сварки существует опасность разрушения стержней на границе сварочного шва, возникает риск разупрочнения арматурной стали из-за процесса сварки, а также существуют ограничения по погодным условиям при проведении работ. В зимнее время расход электроэнергии такой, что данную технологию применять просто невозможно.

Технология механических соединений арматуры, в настоящее время, начинает широко использоваться в России, в то время как другие страны используют данную технологию уже десятки лет. Следует отметить, что существует несколько типов МСА, а именно:

- опрессованные – создаются путем однократного или многократного попеременного обжатия или протяжки соединительной муфты гидравлической мобильной установкой;
- винтовые – создаются путем накручивания контргаек и муфт с резьбой на периодический винтовой профиль стыкуемых стержней;
- болтовые – создаются путем затяжки болтов, расположенных с боковой поверхности муфты;
- резьбовые – создаются путем накручивания контргаек и муфт на стыкуемые стержни арматуры с предварительно созданной конической или цилиндрической резьбой.

Следует отметить, что из существующих типов МСА, как показывает практика, наиболее популярным является резьбовое соединение с конической резьбой. Станки для нарезки или накатки резьбы находятся на строительной площадке. Конусная резьба позволяет соединять стержни, которые не абсолютно вертикальные. Наружный диаметр муфты с конической резьбой больше на 4-5 мм диаметра самого стержня, что позволяет использовать в густоармированных конструкциях. Согласно ТУ [31] механическое резьбовое

соединение является равнопрочным по всей длине арматурного стержня, что проверяется в лабораторных условиях согласно контролю качества соединения при производстве работ. Отсутствует потребность в рабочих с высокой квалификацией. С применением МСА получаем высокую интенсивность выполнения арматурных работ, так как монтаж и нарезка резьбы на стержнях ведутся параллельно. Уменьшается расход арматурных стержней (32-40 мм до 40%), тем самым снижается общий объем армирования и общая масса здания, что также позволяет сократить время работы кранов. Снижение общей массы здания позволило при строительстве небоскреба «Меркурий Сити Тауэр» в Москве внести изменения в проект и согласовать увеличение высоты более чем на 16 % в построечных условиях.

МСА позволяют стыковать арматуру без значительных затрат времени, причем наиболее эффективно в диаметрах от 25 мм [6]. Также контроль качества стыковки арматурных соединений является достаточно простой процедурой и не занимает большого количества времени [6, 31].

Для технико-экономического сравнения способов стыкования арматуры, автором произведен расчет трудозатрат и стоимости выполнения работ, на примере устройства монолитной колонны (смотреть главу 2).

Исходные данные:

- Высота этажа  $h=3\text{м}$ .
- Сечение колонны  $400\times 400\text{мм}$ .
- Рабочая арматура: 4 стержня  $\text{Ø } 40\text{мм}$ .
- Армирование колонны представлено на рисунке 2.2.

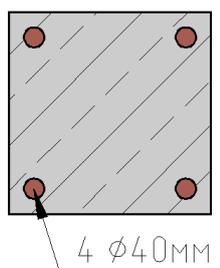


Рисунок 2.2 - Армирование колонны

Способ 1. Соединение рабочей арматуры в колонне внахлестку.

Определяем трудозатраты на установку рабочей арматуры в колонне внахлестку.

Согласно ГОСТ Р 52544-2006 погонный метр арматурного стержня диаметром 40 мм весит 9,865 кг.

Учитывая п. 5.41. [6] расчетная длина перепуска (нахлестки) рабочей растянутой арматуры со стыковкой 50% стержней в одном расчетном сечении примерно равно  $40d_H$ .

Определяем длину арматурного стержня:

$$l_{\text{арм}} = h_{\text{эт}} + 40d_H = 3\text{м} + 40 \times 0,04\text{м} = 4,6\text{м} \quad (2.1)$$

Вес арматурного стержня длиной 4,6м:

$$4,6\text{м} \times 9,865\text{кг} \div 1000 = 0,0454\text{т} \quad (2.2)$$

Трудозатраты на установку 1т арматуры Ø 40мм (ГЭСН 06-01-097-01):

$$T_P = 29,78 + 0,58 = 30,36\text{чел.} - \text{ч.} \quad (2.3)$$

Трудозатраты на установку рабочего стержня арматуры Ø 40мм в колонне способом внахлестку:

$$T_P = \frac{30,36 \times 0,0454}{1} = 1,378\text{чел.} - \text{ч.} \quad (2.4)$$

В колонне имеется 4 стержня Ø 40мм.

Трудозатраты на установку рабочей арматуры Ø 40мм в колонне способом внахлестку:

$$T_{\text{р}}^{\text{Н.}} = 1,378 \times 4 = 5,51\text{чел.} - \text{ч.} \quad (2.5)$$

Способ 2. Соединение рабочей арматуры в колонне с применением ванной сварки.

Определяем трудозатраты на установку рабочей арматуры в колонне с применением ванной сварки.

Согласно ГОСТ Р 52544-2006 погонный метр арматурного стержня диаметром 40 мм весит 9,865 кг.

Вес арматурного стержня длиной 3м (высота этажа):

$$3 \times 9,865 \text{ кг} \div 1000 = 0,0296 \text{ т} \quad (2.6)$$

Трудозатраты на установку 1 т арматуры Ø 40 мм (ГЭСН 06-01-097-01) [9]:

$$T_p = 29,78 + 0,58 = 30,36 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.7)$$

Трудозатраты на установку одного стержня арматуры Ø 40 мм в колонне:

$$T_{p1} = \frac{30,36 \times 0,0296}{1} = 0,899 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.8)$$

Согласно ГЭСН 2001-6 п.1.5. при необходимости применения сварки арматуры ванным способом следует учитывать данные из таблицы 01-016 [9].

При сварке арматуры ванным способом арматуры диаметром до 40 мм пользуемся данными таблицы 01-016-3.

Затраты труда рабочих на 100 стыков  $T_p = 61,5 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда машинистов на 100 стыков  $T_p = 0,1 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда рабочих на 1 стык  $T_p = 61,5 \times 0,01 = 0,615 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда машинистов на 1 стык  $T_p = 0,1 \times 0,01 = 0,001 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Общие затраты труда на применение ванной сварки для одного стыка:

$$T_{p2} = 0,615 + 0,01 = 0,616 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.9)$$

Трудозатраты на установку рабочего стержня арматуры Ø 40 мм в колонне с применением ванной сварки:

$$T_p^{B.C.} = 0,899 + 0,616 = 1,515 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.10)$$

В колонне имеется 4 стержня Ø 40 мм.

Трудозатраты на установку рабочей арматуры в колонне с применением ванной сварки:

$$T_p^{B.C.} = 1,515 \times 4 = 6,06 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.11)$$

Способ 3. Соединение рабочей арматуры в колонне с применением механической резьбовой муфты.

Определяем трудозатраты на установку рабочей арматуры в колонне с применением механической резьбовой муфты.

Согласно проведенному хронометражу (параграф 3.2) затраты труда на соединение арматуры диаметром до 40 мм с применением резьбовой муфты составляют:

Затраты труда рабочих на 100 стыков  $T_p = 18,6 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда машинистов на 100 стыков  $T_p = 0,58 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда рабочих на 1 стык  $T_p = 18,6 \times 0,01 = 0,186 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Затраты труда машинистов на 1 стык  $T_p = 0,58 \times 0,01 = 0,0058 \text{ чел.} - \text{ч.}$

Общие затраты труда на применение механической резьбовой муфты для одного стыка арматуры диаметром до 40 мм:

$$T_p = 0,186 + 0,0058 = 0,1918 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.12)$$

В колонне имеется 4 стержня  $\varnothing 40 \text{ мм.}$

Трудозатраты на установку рабочей арматуры в колонне с применением резьбовой муфты:

$$T_p^M = 1,1918 \times 4 = 0,77 \text{ чел.} - \text{ч.} \quad (2.13)$$

Полученные данные сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Техничко-экономические показатели на установку рабочей арматуры в колонне.

№ п/п	Сравниваемый параметр	Соединение внахлестку	Соединение с применением ванной сварки	Соединение с применением механической резьбовой муфты
1	Трудозатраты	5,51 чел.-ч.	6,06 чел.-ч.	0,77 чел.-ч.
2	Стоимость	6887,0 рублей	4946.13 рублей	2140,0 рублей

Проверка прочности механического резьбового соединения арматуры.

Согласно [31], соединение арматуры с использованием механической резьбовой муфты является равнопрочным.

Свойства МСА должны соответствовать следующим нормам:

а) Разрывное усилие  $P_B$  должно быть не менее  $\sigma_B \times A_S$ , кН.

где  $A_S$  – номинальная площадь поперечного сечения арматуры,

$\sigma_B$  – браковочное значение временного сопротивления соединяемой арматуры.

б) Деформативность  $\Delta$  при растяжении должно быть не более 0,1 мм.

Деформативность - значение пластической деформации стыка при напряжении в арматуре, равном  $0,6\sigma_T$  ( $0,6\sigma_{0,2}$ ).

где  $0,6\sigma_T$  ( $0,6\sigma_{0,2}$ ) – браковочное значение физического и условного предела текучести арматуры.

в) Равномерное относительное удлинение арматуры  $\delta_p$  после разрушения соединения должно быть не менее 2 %.

Для оценки прочностных характеристик механического резьбового соединения было проведено испытание трех арматурных стержней класса А500С диаметром 25 мм с использованием муфты с конической резьбой СС25А12 марки «ConCon» и одного целого стержня соответствующего класса и диаметра.

Механические свойства соединения при испытании на растяжение определялись в соответствии с требованиями ГОСТ 12004 [7].

Прочность на растяжение определяли на испытательной машине РМГ-500МГ4.

Испытания проводились с использованием индикаторных тензометров часового типа. По полученным данным определялись значения пластической деформации стыка при напряжении в арматуре (деформативность  $\Delta$ ).

Перед испытанием образцов на продольные ребра наносились риски с шагом 1 см для определения относительного удлинения арматуры  $\delta_p$  после разрушения.

Для вычисления необходимых механических характеристик определялись величины усилий по стрелке силоизмерителя.

График деформации целого стержня арматуры класса А500С диаметром 25 мм представлен на рисунке 2.3.

График деформации образцов арматурных стержней класса А500С диаметром 25мм №1, 2, 3 с использованием муфты с конической резьбой СС25А12 марки «ConCon» представлен на рисунках 2.4 – 2.6.

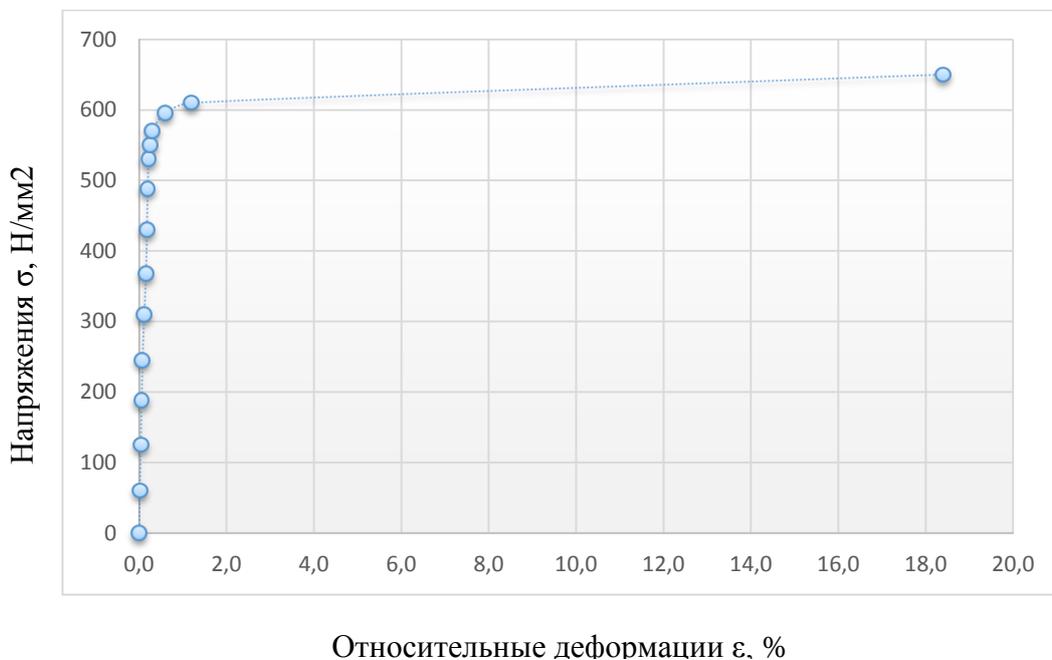


Рисунок 2.3 – График деформации целого стержня  $d=25$  мм

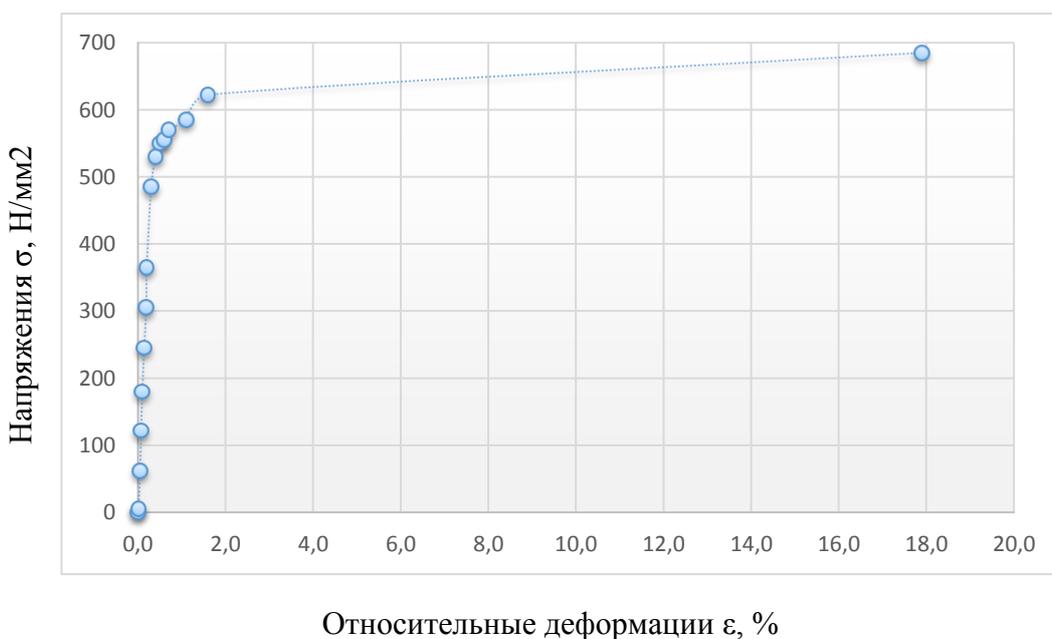


Рисунок 2.4 – График деформации образца №1  $d=25$  мм при механическом резьбовом соединении стыков

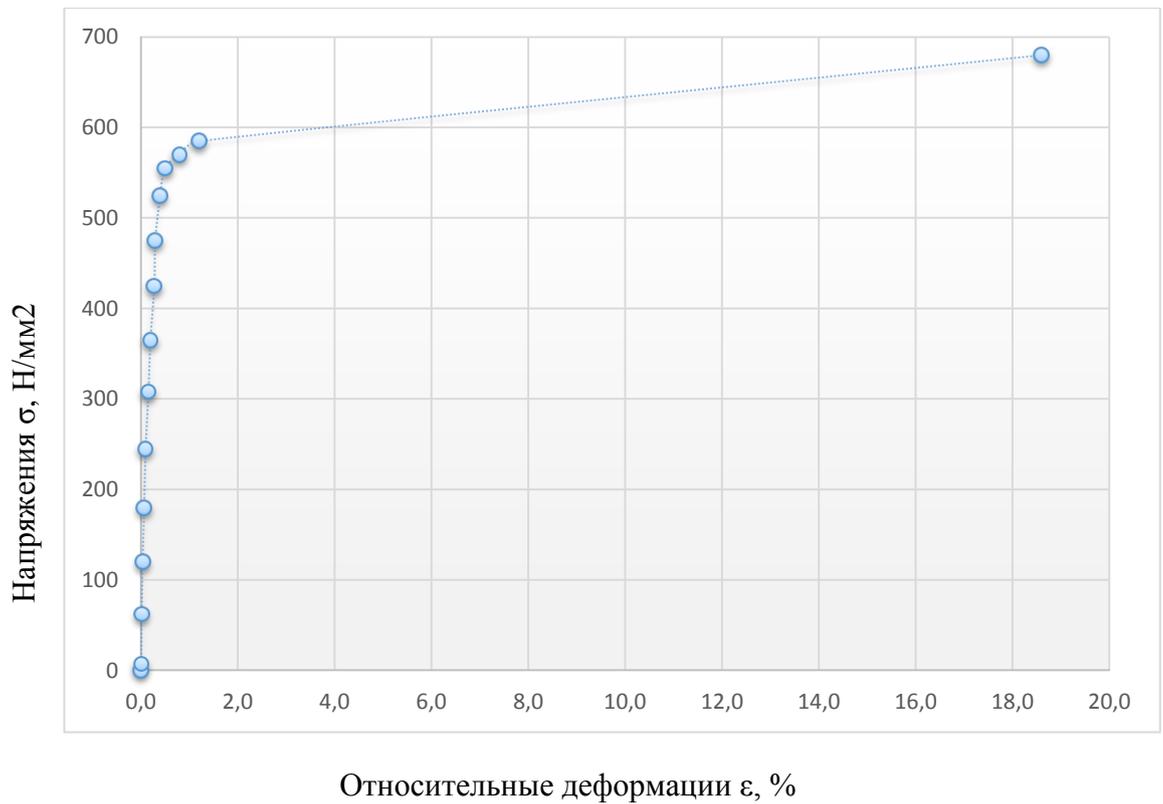


Рисунок 2.5 – График деформации образца №2  $d=25$  мм при механическом резьбовом соединении стыков

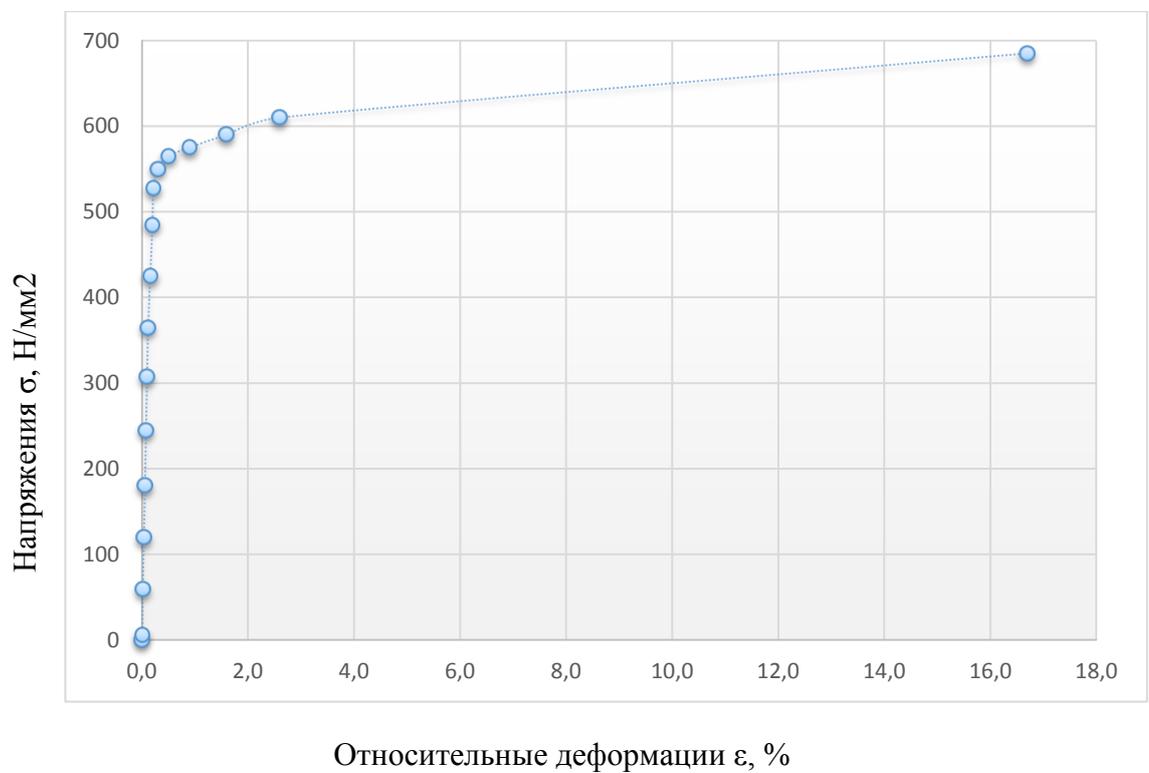


Рисунок 2.6 – График деформации образца №3  $d=25$  мм при механическом резьбовом соединении стыков

Результаты испытания образцов приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Результаты испытания резьбового механического соединения на разрыв

№ п/п	Маркировка	Площадь поперечного сечения соединяемой арматуры, $A_s$ , мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие, $R_B$ , кН	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Усилие, соответствующее пределу текучести $R_T$ , кН	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Деформативность $\Delta$ , мм	$\delta_p$ , %	Характер разрушения
1	CC25A1 2	490,9	337	686,5	274	558,2	0,019	10	По основному металлу
2			334	680,4	275	560,2	0,026	9	
3			337	686,5	278	566,3	0,021	9	
Целый стержень		490,9	332	675,6	287	584,6	-	10	
Нормативные значения			$\geq 294.5$	$\geq 600$	$\geq 245.5$	$\geq 500$	$\leq 0.1$	$\geq 2$	

Полученные данные показывают, что временное сопротивление  $\sigma_B$  испытанных образцов арматурных стержней класса А500С диаметром 25мм с использованием муфты с конической резьбой CC25A12 марки «ConCon» составляет 680,4 – 686,5 Н/мм<sup>2</sup>, что превышает минимальное браковочное значение сопротивление в 600 Н/мм<sup>2</sup>. Деформативность соединения обеспечивается во всех случаях, имея максимальное значение 0,026 мм, что меньше нормативного, равного 0,1 мм. Разрушение образцов с использованием муфт с конической резьбой происходит по основному материалу. Физико-механические свойства испытанного образца позволяют обстоятельно утверждать, что механическое резьбовое соединение арматурных стержней соответствуют требованиям, предъявленным к целым стержням арматуры класса А500С и являются равнопрочными по всей длине.

## 2.2 Разработка технологических решений при выполнении опалубочных работ при бетонировании монолитных конструкций

Как известно, что для повышения скорости выполнения работ и снижения трудоемкости необходимо использовать современную системную высокотехнологичную опалубку. Применение таких эффективных опалубочных систем с высокой оборачиваемостью для устройства вертикальных элементов здания и перекрытий сегодня позволяет успешно возводить здания различного функционального назначения с широким набором монолитных конструкций.

Монолитные конструкции делятся на вертикальные (колонны, пилоны и стены) и горизонтальные (перекрытие и покрытие).

а) Технологические решения опалубочных работ при бетонировании перекрытий.

Сравнение и расчет технологических решений производится на примере строительства 20-ти этажного жилого дома (см. г. 2, рис. 2.1):

1) в первом варианте для бетонирования перекрытия используется традиционная опалубочная система (балочно-стоечная);

2) во втором варианте для бетонирования перекрытия используется современная опалубочная система (столовая опалубка).

Исходные данные:

- Высота этажа:  $h=3\text{м}$ .

- Толщина перекрытия:  $\delta=200\text{мм}$ .

- Тип перекрытия: безбалочное монолитное перекрытие.

Для каждого варианта используется технология ускоренного возведения монолитных перекрытий с применением страховочных элементов опалубки.

Для строительства монолитных зданий в скоростном режиме применяется технология ранней распалубки монолитных конструкций. Страховочные элементы опалубки для поддержания монолитного железобетонного перекрытия до набора бетоном распалубочной прочности являются основной составляющей раннего распалубливания.

Применяя технологию ранней распалубки монолитных конструкций необходимо соблюдать требования технического кодекса ТКП 45-5.03-20-2006.

Конструкции пролетного типа необходимо распалубливать от середины пролета.

Раннее распалубливание монолитных перекрытий допускается производить при достижении бетона не менее 50-60% от проектной прочности с одновременным переопиранием монолитной плиты перекрытия страховочными телескопическими стойками, опорными рамами и башнями на плиту перекрытия нижнего этажа [14].

Опалубочная система перекрытия является опорой уложенного бетона, она должна поддерживаться нижерасположенным перекрытием, которое должно обязательно нести передаваемые на него нагрузки самостоятельно или с помощью страховочных элементов опалубки. В случае, когда нижерасположенная монолитная железобетонная плита перекрытия не имеет достаточную несущую способность необходимо производить ее переопирание страховочными элементами опалубочной системы на необходимое количество этажей для обеспечения дополнительных технологических нагрузок.

Установку опалубки для бетонирования конструкций вышерасположенного этажа необходимо начинать только после набора забетонированным перекрытием минимальной прочности 5 МПа. После набора перекрытием распалубочной прочности приступают к бетонированию конструкций вышерасположенного этажа [14, 22].

Схемы расположения и последовательность установки и снятия страховочных элементов не должны приводить к перегрузке нижележащих перекрытий от собственного веса вышерасположенной плиты перекрытия и технологических нагрузок при производстве работ. Так же, расположение стоек не должно изменять расчетную схему поддерживаемой плиты.

Демонтаж страховочных стоек допускается в том случае, если бетонируемое перекрытие, которое они поддерживают, будет воспринимать все нагрузки.

Вариант 1. Бетонирование перекрытия с применением традиционной балочно-стоечной опалубочной системы.

Балочно-стоечная опалубочная система является традиционной опалубкой перекрытий небольшой толщины при строительстве жилых зданий, зданий с высотой этажа не более 5,0 м. Эта система универсальная, и может быть использована при возведении горизонтальных конструкций любых конфигураций. Система включает в себя: телескопические стойки; раздвижные треноги, для устойчивости стальных стоек; универсальные вилочные оголовники с «падающей» головкой для опускания телескопической стойки при распалубливании; несущие и распределительные двутавровые деревянные балки Н20; палубу из ламинированной фанеры [21].

Монтаж опалубки начинается с установки съемных «падающих» головок сверху в телескопическую стойку. Установка стоек в проектное положение осуществляется с помощью раздвижных треног, которые придают необходимую пространственную устойчивость. Несущие продольные балки раскладываются внахлест на съемные головки, по которым располагают, поперечные балки. Поверх поперечных балок раскладывают ламинированную фанеру и закрепляют саморезами.

Процесс распалубливания перекрытия начинается с опускания вниз «падающих» головок, в результате чего происходит прогиб и отслоение опалубочной системы, что дает возможность, относительно просто, снять листы фанеры и освободить продольные и поперечные балки.

Наиболее часто опускание головок используют для извлечения из-под опалубочной системы перекрытия промежуточных стоек, после достижения бетоном достаточной прочности.

Несущая способность стоек гораздо больше деревянных балок. Телескопические стойки расставляются с шагом, который определяется расчетом главной балки. (максимальные значения поперечной силы  $Q=11\text{кН}$  и изгибающего момента  $M=5\text{кН}$ ) [8].

Методика расчета:

1. Необходимо собрать нагрузки с квадратного метра плиты и палубы на главную балку (расчетная нагрузка от монолитной Ж/Б плиты, арматуры, людей и оборудования, фанеры и балок опалубки)

$$600+24+325+23,86=973,86 \text{ кг/м}^2 \quad (2.14)$$

2. Подбирается шаг телескопических стоек (получаем шаг главных балок и пролет главных балок). Принимаем ячейку 1,5x1,5м.

3. Определяем нагрузку на главную балку с погонного метра грузовой полосы.

$$973,86 \text{ кг/м}^2 \times 1,5 \text{ м} = 1460,79 \text{ кг/м} \quad (2.15)$$

4. Определяем изгибающий момент  $M$ , который не должен превышать значения 5 кН\*м. Необходимо просчитать изгибающий момент из наиболее неблагоприятного сочетания балок (одно-, двух- и трехпролетных балок). При шаге стоек 1,5x1,5м максимальный момент  $M=410,85 \text{ кг*м} = 4,11 \text{ кН*м}$ .

$$M=4,11 \text{ кН*м} < M_{\text{max}}=5 \text{ кН} \quad (2.16)$$

5. Определяем поперечную силу  $Q$ , которая не должна превышать значения 11 кН. Необходимо просчитать поперечную силу из наиболее неблагоприятного сочетания балок (одно-, двух- и трехпролетных балок). При шаге стоек 1,5x1,5м максимальная поперечная сила  $Q=1396,49 \text{ кг} = 13,96 \text{ кН}$ .

$$Q=13,96 \text{ кН} > Q_{\text{max}}=11 \text{ кН} \quad (2.17)$$

Следовательно, в местах расположения двух- и трехпролетных балок необходимо использовать по две балки в сечении.

В тех случаях, когда максимальная поперечная сила будет превышать значения  $Q=2200 \text{ кг} = 22 \text{ кН}$ , то необходимо в качестве главной балки использовать металлическую прокатную балку (например: металлический швеллер или двутавр).

Расчет максимального изгибающего момента  $M$  и перерезывающей поперечной силы  $Q$  для определения шага и сечения главной балки представлен в электронном калькуляторе, разработанным автором в программе MS Excel (рис. 2.7).

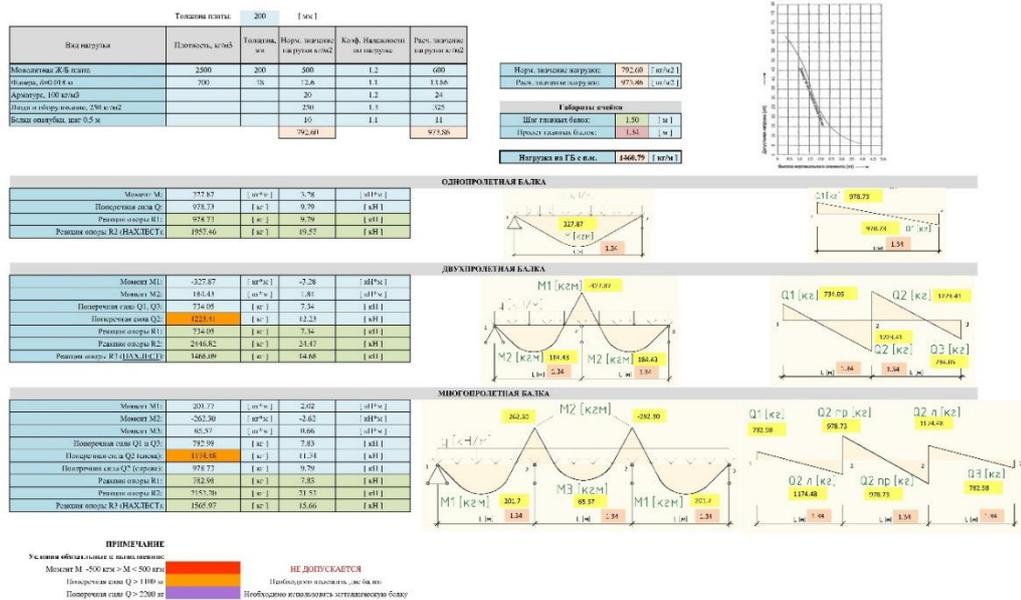


Рисунок 2.7 – Сбор нагрузок на главную балку настила

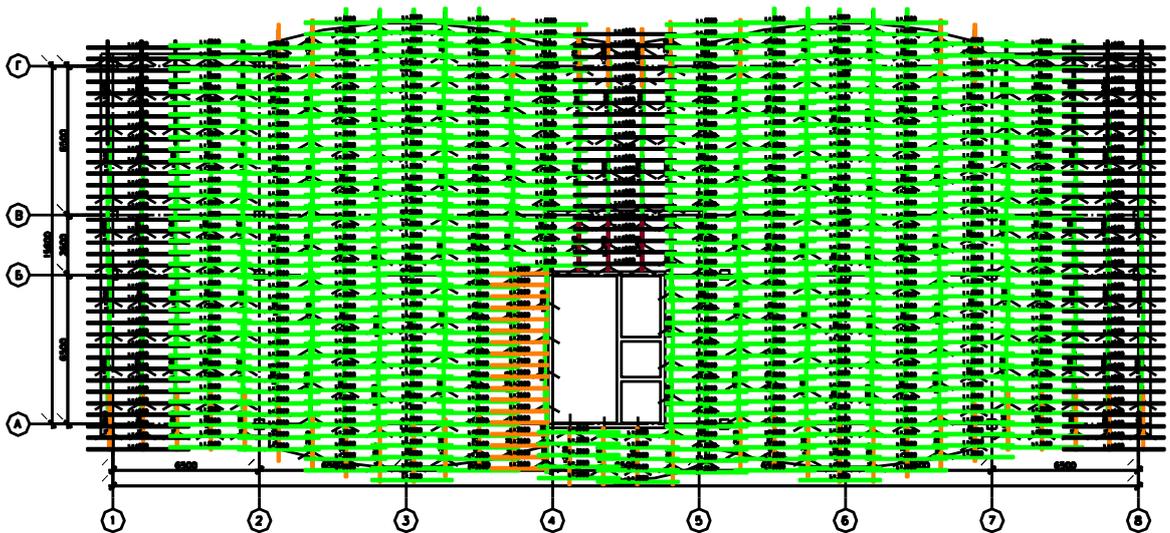


Рисунок 2.8 – Расположение традиционной балочно – стоечной опалубочной системы

Таблица 2.3 – Спецификация элементов традиционной балочно-стоечной опалубочной системы на типовой этаж

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во
1	2	3	4
1	Стойка телескопическая 2.1-3.7	шт	409
2	Тренога к стойке	шт	409
3	Унивилка к стойке	шт	409
4	Балка двутавровая деревянная L= 2.1 м	шт	3
5	Балка двутавровая деревянная L= 2.5 м	шт	58

## Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4
6	Балка двутавровая деревянная L= 3.6 м	шт	610
7	Балка двутавровая деревянная L= 4.5 м	шт	105
8	Фанера ламинированная 18x1220x2440мм	м3	16

Вариант 2. Бетонирование перекрытия с использованием столовой опалубки.

Столовая опалубка перекрытий позволяет ускорить опалубливание перекрытий с большими площадями. Перекрытие здания разбивается на отдельные участки, оптимизируя которые получаем типоразмеры отдельно стоящих столов. Столы изготавливаются на 6-ти и 4-х стойках с площадью 8,19-19,8 м<sup>2</sup> и 6,93-11,88 м<sup>2</sup> соответственно.

Столовая опалубка состоит из телескопических стоек, вилочных головок, крепежей для балок, основных и второстепенных деревянных балок Н20. Для перемещения собранного стола используют вилочный захват, несущие скобы и монтажную тележку.

Изготовление столов осуществляется на монтажном настиле с упорами основных, второстепенных балок и вилочных головок. Вилочные головки вставляются в подготовленные упоры на настиле, после чего вкладываются основные балки, задвигаются до упора и фиксируются крепежом. Раскладка второстепенных балок осуществляется при помощи шаблона, а для крепления используют саморезы или уголки. На второстепенных балках намечается расположения ламинированной фанеры, при необходимости произвести раскрой фанеры. Подогнанные фанерные листы уложить и закрепить к балкам при помощи саморезов.

Следует отметить, что защитные ограждения, служащие для безопасной работы на высоте, монтируются один раз на монтажном настиле.

Перемещение собранных столов на следующую захватку осуществляется при помощи вилочного захвата или несущих скоб. Наиболее удобным является перемещение с применением вилочного захвата, так как стол можно вытащить из-под железобетонной плиты перекрытия.

Перестановка стола производится в 4 этапа:

- Вилочный захват заводится под плиту перекрытия.
- Складываются телескопические стойки.
- При помощи крана вилочный захват со столом отрывается от плиты перекрытия, извлекается и переносится на следующую захватку (этаж).
- Телескопические стойки выдвигаются и стол выставляют в проектное положение.

Столы средних пролетов здания перемещаются к зоне обслуживания вилочного захвата при помощи монтажной тележки (см. рис. 2.9).

При расстановке столов на их стыках между собой образуются зазоры, которые устраняются путем формирования доборных ставок. В зависимости от ширины зазора, при необходимости, используются одна-две дополнительные стойки.

Данная технология позволяет производить сборку столов один раз, после чего перемещая уже собранные столы и расставляя их по захватке, с последующей заделкой зазоров, удается сократить время на опалубивание перекрытия.

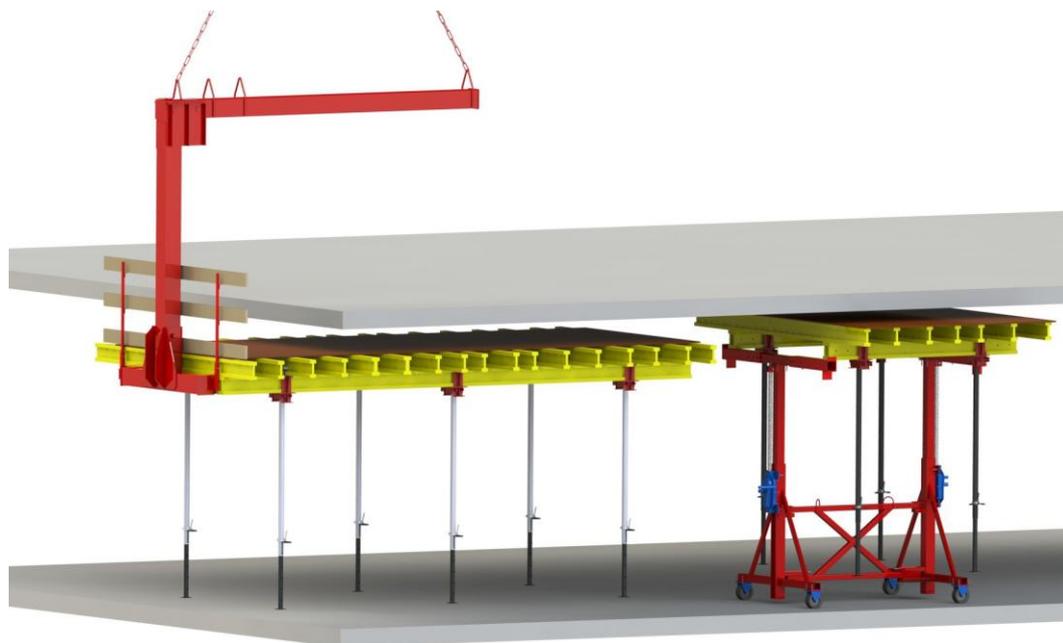


Рисунок 2.9 – Перемещение столов с использованием вилочного захвата и монтажной тележки

Спецификация элементов столовой опалубочной системы перекрытия на типовой этаж представлена в таблице 2.4.

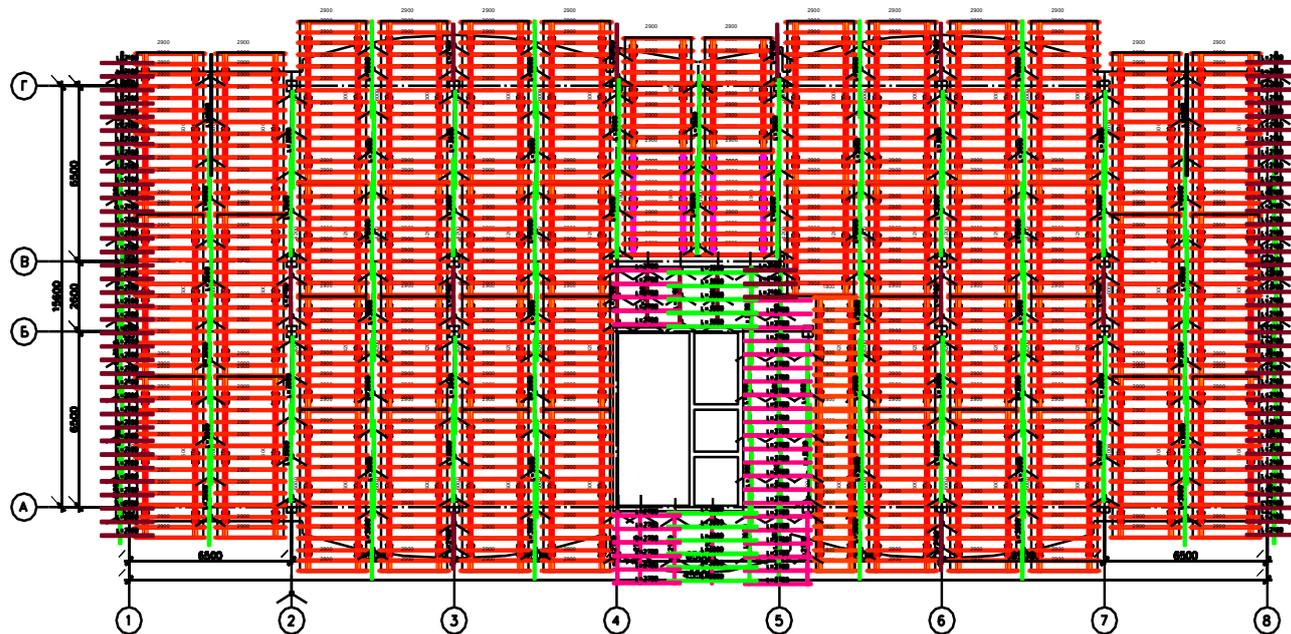


Рисунок 2.10 – Расположение столовой опалубки перекрытия

Таблица 2.4 – Спецификация элементов столовой опалубочной системы перекрытия на типовой этаж

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во
1	Стойка телескопическая 2.1-3.7	шт	409
2	Тренога к стойке	шт	409
3	Унивилка к стойке	шт	409
4	Балка двутавровая деревянная L= 2.1 м	шт	3
5	Балка двутавровая деревянная L= 2.5 м	шт	58
6	Балка двутавровая деревянная L= 3.6 м	шт	610
7	Балка двутавровая деревянная L= 4.5 м	шт	105
8	Фанера ламинированная 18x1220x2440мм	м3	16

б) Технологические решения опалубочных работ при бетонировании вертикальных конструкций.

Сравнение и расчет технологических решений производится на примере строительства 20-ти этажного жилого дома (см. гл. 2, рис. 2.1):

1) в первом варианте для бетонирования вертикальных конструкций используется крупнощитовая опалубка;

2) во втором варианте при бетонировании вертикальных конструкций ядро жесткости возводится с опережением в самоподъемной опалубке.

Исходные данные:

- Высота этажа:  $h=3\text{м}$ .
- Толщина стен:  $\delta=200\text{мм}$ .
- Сечение колонн:  $400\times 400\text{мм}$ .

Для каждого варианта используется крупнощитовая опалубка (вес щита  $1200\times 3000\text{мм}$  составляет  $150\text{кг}$ ).

Вариант 1. Бетонирование вертикальных конструкций в рамной крупнощитовой опалубке.

В настоящее время крупнощитовая рамная опалубочная система очень хорошо зарекомендовала себя на строительном рынке [24, 25].

Преимущества:

- Снижается трудоемкость за счет применения укрупненной сборки в карты.
- Высота щита соответствует высоте этажа ( $2.7, 3.0, 3.3\text{ м}$ ).
- Логическая линейка типоразмеров щитов опалубки (количество доборных вставок сводится к минимуму).
- Возможность бетонирования конструкций разной архитектурной формы.
- Возможность изготовления индивидуальных (нестандартных) элементов по заявке заказчика.

Произведен расчет комплекта крупнощитовой рамной опалубочной системы для бетонирования 100% вертикальных конструкций типового этажа на примере строительства 20-ти этажного жилого дома (см. гл. 2, рис. 2.1). На рисунке 2.11 представлена схема расположения элементов крупнощитовой рамной опалубочной системы в плане.

Согласно схеме расположения в плане элементов крупнощитовой рамной опалубки в таблице 2.5 представлена комплектация элементов для бетонирования 100% вертикальных конструкций этажа.

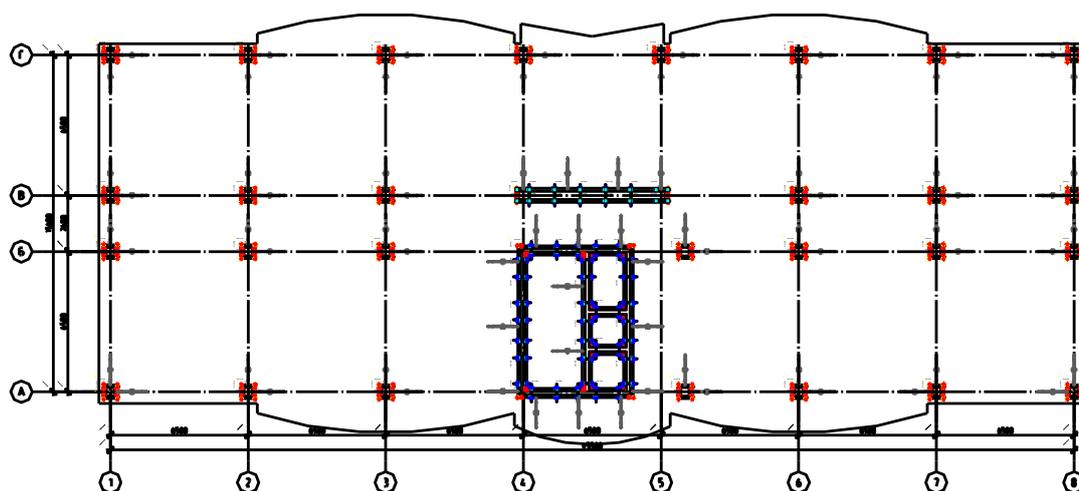


Рисунок 2.11 – Расположения элементов крупнощитовой рамной опалубки при возведении 100% вертикальных конструкций

Таблица 2.5 – комплектация стеновой опалубки для бетонирования 100% вертикальных конструкций этажа

№	Наименование	Количество, шт
1	Щит линейный 1,20x3,00	26
2	Щит линейный 1,15x3,00	8
3	Щит линейный 1,05x3,00	4
4	Щит линейный 0,95x3,00	6
5	Щит линейный 0,85x3,00	6
6	Щит линейный 0,80x3,00	10
7	Щит линейный 0,70x3,00	56
8	Щит линейный 0,65x3,00	4
9	Щит линейный 0,60x3,00	4
10	Щит линейный 0,50x3,00	4
11	Щит линейный 0,40x3,00	58
12	Угол распалубочный 0,3x0,3x3,0	16
13	Замок клиновой	160
14	Болт стяжной L=1.0 м	120
15	Анкер торцевой	480
16	Подкос двухуровневый 3м	74
17	Барашковая гайка DW 150	720
18	Захват крановый	2
19	Кронштейн для подмостей	100

Вариант 2. Бетонирование вертикальных конструкций ядра жесткости в самоподъемной опалубочной системе.

Самоподъемная опалубка не зависит от грузоподъемного крана, передвижение вверх осуществляется за счет гидравлического привода. Данная

опалубочная система абсолютно безопасная при проведении работ в течении всего цикла, за счет закрытых сторон по всему контуру (рис. 2.12) [30].

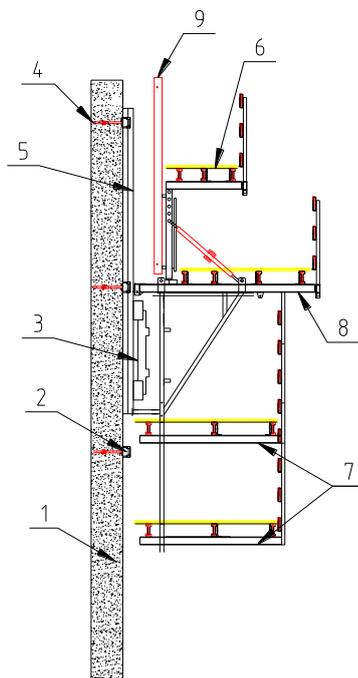


Рисунок 2.12 – Схема расположения элементов самоподъемной опалубочной системы

1 – монолитная ж/б стена; 2 – башмак навесной с гравитационным механизмом; 3 – домкрат гидравлический; 4 – крепежный анкер; 5 – балка направляющая; 6 – подмости для вибрирования и бетонирования; 7 – нижние подмости; 8 – рабочие подмости; 9 – наружный щит опалубки

Основным назначением самоподъемной опалубочной системы является возведение наружных стен и ядра жесткости.

Самоподъемная опалубка состоит из следующих элементов:

- наружные и внутренние стеновые опалубочные щиты;
- навесные подмости для бетонирования и вибрирования;
- рабочие и нижние подмости при бетонировании лифтовой шахты и наружных стен;
- площадка с самофиксирующимися упорами для работы в лифтовой шахте;
- проемообразователи дверей (для лестнично-лифтового узла);

- проеомообразователи окон (для наружных стен);
- подъемная гидравлическая система;
- направляющие ригеля;
- анкерные механизмы для крепления направляющих балок;
- рихтующий передвижной узел.

Для того, чтобы армирование выполнять с опережением, используют дополнительные подмости для арматурных работ. При этом появляется возможность выполнять работы на разных уровнях одновременно.

Каждая направляющая балка модуля имеют грузоподъемность от 5 до 10 т. Высота опалубливания составляет порядка 5.5м. Автоматический подъем модульной системы опалубки осуществляется при помощи гидравлический системы со скоростью до 20 см/мин.

В состав гидравлического оборудования входят гидравлические домкраты с автоматической регулировкой горизонтальности, трубные гидроразводки высокого давления, автоматические насосные станции.

Перед началом монтажа опалубки и работ по подъему опалубочной системы должно производится испытание гидравлического оборудования. При испытании выполняются следующие мероприятия:

- очистка гидравлического оборудования от смазки, наплывов грязи и бетона;
- проверка резьбовых соединений;
- проверка состояния и целостности электропроводки, электропускового и гидравлического оборудования, коммуникаций гидроразводок насосной станции;
- проверка герметичности домкратов.

При выполнении работ по подъему опалубочной системы гидравлическими домкратами обслуживание гидравлической системы производится рабочими, которые имеют доступ к эксплуатации гидравлического оборудования и прошли специализированную подготовку.

В данном варианте предлагается ядро жесткости бетонировать с опережением основной отметки строительства. Схема расположения элементов в плане представлена на рисунках 2.13 и 2.14.

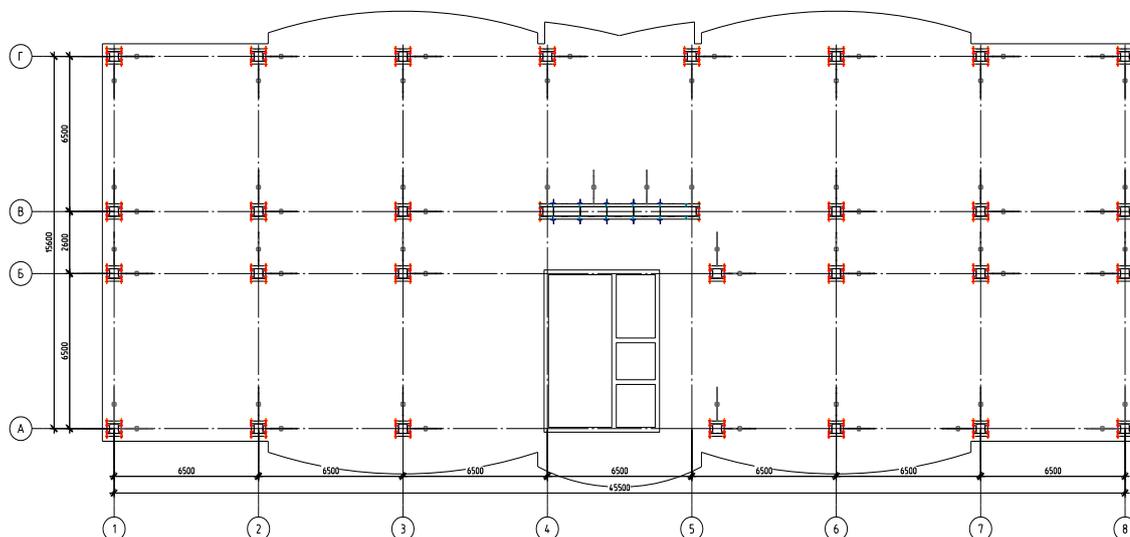


Рисунок 2.13 – Расположение крупнощитовой рамной опалубки на основной отметке строительства при возведении 100% вертикальных конструкций

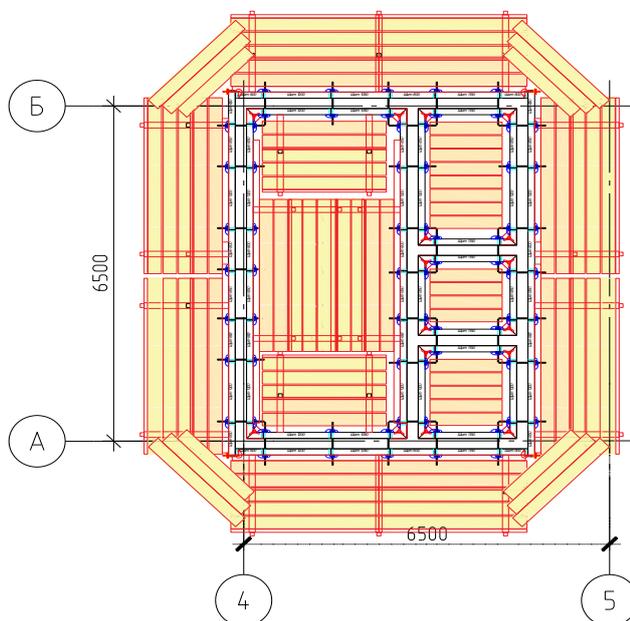


Рисунок 2.14 – Расположение самоподъемной опалубки при возведении лестнично-лифтового узла

Согласно расположению элементов крупнощитовой рамной опалубки при возведении вертикальных конструкций на основной отметке строительства и

расположению самоподъемной опалубки при возведении ЛЛУ в таблице 2.6 представлена комплектация элементов для бетонирования вертикальных конструкций типового этажа.

Таблица 2.6 – Комплектация стеновой опалубки для бетонирования вертикальных конструкций типового этажа

№	Наименование	Количество, шт
1	2	3
	крупнощитовая рамная опалубка для возведении вертикальных конструкций на основной отметке строительства	
1	Щит линейный 1,20x3,00	10
2	Щит линейный 0,70x3,00	56
3	Щит линейный 0,60x3,00	4
4	Щит линейный 0,40x3,00	58
5	Замок клиновой	30
6	Болт стяжной L=1.0 м	15
7	Анкер торцевой	464
8	Подкос двухуровневый 3м	60
9	Барашковая гайка DW 150	494
10	Захват крановый	2
11	Кронштейн для подмостей	60
	самоподъемная опалубка для возведения лестнично-лифтового узла	
12	Щит линейный 1,20x3,00	16
13	Щит линейный 1,15x3,00	8
14	Щит линейный 1,05x3,00	4
15	Щит линейный 0,95x3,00	6
16	Щит линейный 0,85x3,00	6
17	Щит линейный 0,80x3,00	10
18	Щит линейный 0,65x3,00	4
19	Щит линейный 0,50x3,00	4
20	Замок клиновой	210
21	Болт стяжной L=1.0 м	105
22	Анкер торцевой	16
23	Барашковая гайка DW 150	226
24	Консоль тип сложный	22
25	Кронштейн для подмостей	22
26	Траверса нижней подмости	22
27	Держатель нижней подмости короткий	22
28	Держатель нижней подмости удлиненный	22
29	Ригель вертикальный 3м	22
30	Ригель вертикальный 0,5м	22
31	Башмак	132
32	Держатель скользящей контрфорса	10
33	Ограждение короткое	22
34	Ограждение удлиненное	22
35	Гидроцилиндр	22

1	2	3
36	Маслостанция	3
37	Площадка с самофиксирующимися упорами	3

### 2.3 Разработка технологических решений по бетонированию монолитных конструкций

Технология СМД имеет ряд особенности [14]:

1) Короткие сроки выдерживания. Применяется раннее распалубливание монолитных конструкций, исходя из минимально допустимой конструктивной прочности бетона. Распалубливание вертикальных конструкций производится через 8-12 часов после начала бетонирования (при достижении 0,2-1,5Мпа), а распалубливание горизонтальных конструкций производится через 48 часов (при 40-50%  $R_{28}$  с использованием страховочных стоек препириание).

2) Большая интенсивность нагружения изготовленных монолитных конструкций.

3) Темпы работ не зависят от сезонности. Производство монолитных конструкций производится в одном ритме и не зависит от сезонности.

4) Большая степень пересечения последующих работ с выдерживанием бетона ранее забетонированных конструкций. Совмещается выдерживание в опалубке вертикальных конструкций и подготовка горизонтальной опалубки к монтажу. Выдерживание вертикальных конструкций после их распалубливания осуществляется параллельно с настилом палубы, бетонированием и выдерживанием перекрытия. Совмещается выдерживание перекрытия с армированием вертикальных конструкций вышележащего этажа (через 4-6 часов после начала бетонных работ, при наборе бетона перекрытия прочности равной 1,5МПа), опалубочными работами (через 8-12 часов после начала бетонирования).

Способы выдерживания бетона в скоростном монолитном домостроении должны удовлетворять перечисленным особенностям, при этом отвечать требованиям к качеству производимых конструкций.

Наиболее оптимальные методы интенсификации твердения бетона для строительства зданий в СМД [4, 10, 18]:

1) Электропрогрев стержневыми электродами (эффективен для вертикальных конструкций).

2) Обогрев греющими проводами (эффективен для горизонтальных конструкций).

3) Тепляк (эффективен при догреве после распалубливания и страхующем обогреве).

Благодаря электропрогреву можно получить максимальную прочность бетона к моменту распалубки вертикальных конструкций (до 5Мпа или 20%  $R_{28}$ ) в короткие сроки используя жесткие режимы прогрева.

На обогреваемом перекрытии при прогреве греющими проводами обеспечивается достаточная интенсивность прогрева и электробезопасность при совмещении работ. Процесс обогрева перекрытия используя нагревательные провода может осуществляться в течении всего времени выдерживания бетона в опалубке (36-48 часов), как правило этого времени достаточно, для набора бетоном распалубочной прочности в 40-50%  $R_{28}$ .

Тепляки для обогрева используются, как правило, для догрева вертикальных конструкций после распалубки и далее совместно с забетонированным перекрытием. Температура в тепляках составляет порядка +10 – 20 °С. При строительстве в сильные морозы и высоких темпах строительства эффективно использовать этажные тепляки.

При выдерживании бетона используются как простые, так и многоступенчатые приемы, которые зависят от кинетики твердения бетона, условий строительства и требуемой промежуточной прочности бетона [18, 19].

Приемы выдерживания бетона:

а) «Выдерживание в опалубке без обогрева / распалубливание / свободное выдерживание». Сезонность использования – летнее время. В данном приеме к моменту распалубливания, бетонирования вышележащих конструкций и

значительного нагружения бетон приобретает промежуточную прочность, не прибегая к дополнительному прогреву.

Как показывает практика, такой прием допустимо использовать при средней температуре среды более +15 °С.

б) «Выдерживание в опалубке с обогревом / распалубливание / свободное выдерживание». Сезонность использования – летнее время и переходный период. В данном приеме требуемая прочность бетона к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций достигается за счет прогрева бетона. К моменту значимого нагружения прочность бетона достигается за счет последующего естественного твердения.

в) «Выдерживание в опалубке с обогревом / распалубливание / укрытие конструкций / выдерживание в тепляке или дополнительный прогрев / разутепление». Сезонность использования – зимнее время. В данном приеме требуемая прочность бетона к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций достигается за счет основного прогрева бетона. К моменту замерзания и значительного нагружения прочность бетона достигается за счет последующего после распалубливания выдерживания бетона в тепляке и догреве.

Чтобы обеспечить высокое качество производимых конструкций необходимо защищать свежееуложенный бетон от потерь влаги, также при обогреве бетона и ранней распалубки необходимо выполнять мероприятия по защите от образования высоких температурных перепадов и градиентов.

Выдерживание горизонтальных конструкций:

1) устройство на поверхности бетона сплошной тепло- пароизоляции при температуре ниже нуля градусов, а также при прогреве бетона;

2) устройство на поверхности бетона гидроизоляции (брезент, п/э пленка и д.р.) при положительных температурах среды.

Запрещается допускать прогрев бетона при его температурных перепадах и воздуха свыше 30 °С, а также при отсутствии гидроизоляции.

При положительной температуре среды (без прогрева) гидроизоляция перекрытий:

- устраивается после бетонирования перекрытия или в процессе бетонирования в сухую жаркую погоду ( $t > +25$  °С,  $W < 95\%$ );

- не устраивается при повышенной влажности воздуха ( $W > 95\%$ , туман, дождь);

- устраивается через 2-4 часа после бетонных работ, при наборе бетоном прочности, достаточной для восприятия нагрузки от перемещения людей по его поверхности.

Паро- теплоизоляция убирается с перекрытия после набора бетоном 40-50%  $R_{28}$  (как и распалубливание), а также по окончании прогрева и допустимых перепадах бетона и воздуха.

Выдерживание вертикальных конструкций после их распалубливания:

1) В летнее время (в отсутствие прогрева) гидроизоляцию открытых поверхностей бетона следует устраивать не позднее, чем через 1 час после распалубливания в сухую жаркую погоду. В качестве гидроизоляции вертикальных конструкций применяется полиэтиленовая пленка и различные специальные пленкообразующие составы. Выдерживание конструкции в гидроизоляции следует до набора бетоном прочности 50% от проектной. В дождливую погоду разрешается не устраивать гидроизоляцию, если бетон наберет 50% проектной прочности за этот период.

2) При использовании прогрева, выдерживание монолитных конструкций при ранней распалубке осуществляется по следующим схемам:

а) прогрев с использованием интенсивных режимов, которые приводят к выполнению специальных мероприятий в момент распалубливания конструкций.

б) прогрев с использованием низкотемпературных режимов, которые позволяют обеспечить разность температур бетон-воздух в пределах требуемых значений к моменту распалубки;

В скоростном монолитном домостроении первый вариант используется при отрицательных температурах, а второй вариант используется при температуре воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

В первом варианте прогрев выполняют при жестких режимах, которые в начальные сроки обеспечивают максимальную интенсификацию твердения бетона. Так как требуемый температурный перепад бетона и воздуха не обеспечивается к моменту распалубливания, необходимо ограничивать в начальные сроки возникновение высоких температурных градиентов и перепадов в более поздние сроки от момента распалубливания. В данном случае используют технологические приемы как:

а) За 1,5-2 часа предварительно отключается прогрев и выполняется отрыв опалубочных систем от бетона, так чтобы образовался зазор между опалубкой и конструкцией в 2-5см. Температура на поверхности бетона за это время плавно снизится за счет уменьшения температурного перепада между бетоном и воздуха в пространстве опалубки, а также благодаря отсутствию ветра и подсушивания влажных слоев бетона. После чего удаляется опалубка и укрывается паронепроницаемый утеплитель (брезент) на поверхность бетона.

Смена опалубки с предварительным отрывом на утеплитель не должно превышать 30 минут (температура на поверхности конструкции не должна снижаться более чем на  $20^{\circ}\text{C}$ ).

После чего выполняется выдерживание в тепляках или дополнительный догрев бетона, что позволяет обеспечить требуемой промежуточную прочность (к моменту значимого нагружения или замерзания). Паро- теплоизоляция убирается с перекрытия только после набором бетона требуемой прочности, либо прочности не менее  $50\%R_{28}$  (при остывании бетона в поверхностных слоях до  $+5^{\circ}\text{C}$  или до температуры наружного воздуха, либо с соблюдением безопасного температурного перепада).

б) При распалубке в тепляках возле конструкции принудительно увеличивают температуру, тем самым сокращается температурный перепад

бетона и воздуха до требуемой величины. Это может быть тепляк на одну конструкцию (локальный), либо тепляк на весь этаж. В тепляках устраивают пароизоляцию, а в случае, если последующее выдерживание осуществляется не в тепляке дополнительно устраивают теплоизоляцию.

Во втором варианте прогрев бетона выполняют при температуре 30-40 °С, которая обеспечивает требуемый температурный прогрев бетона и воздуха, а также моменту распалубливания – минимальную прочность. Возможность прогрева при больших температурах не исключается, при условии, что к моменту распалубки конструкции остынут до требуемого температурного перепада.

При отсутствии необходимости в последующем догреве конструкций после распалубливания их выдерживают как в летнее время. Если существует необходимость в дальнейшей интенсификации набора прочности забетонированных конструкций их необходимо как можно раньше укрыть тепло -пароизоляцией (для уменьшения испарений влаги и потерь тепла бетона). После чего выполняется выдерживание в тепляках или дополнительный догрев бетона, что позволяет обеспечить требуемой промежуточную прочность (к моменту значимого нагружения или замерзания).

Наиболее удобный, экономический и приемлемый способ выдерживания бетона выбирается из возможностей подрядной организации и условий производства работ. Применение способа с низкотемпературными режимами является наиболее простым, но при этом могут увеличиться суммарные сроки выдерживания бетона.

Способы интенсификации твердения бетона и ухода за ним, приведенные выше, отвечают условиям технологии СМД и требованиям к качеству производимых конструкций.

### 3 Предложения по технологии скоростного строительства в монолитном домостроении

#### 3.1 Организационные и технологические особенности при бетонировании несущих монолитных конструкций

Эффективность железобетонных работ напрямую зависит от календарных сроков и графика выполнения работ, который отражает последовательность выполнения процессов и их взаимную увязку. К примеру, перед началом укладки бетонной смеси, звено бетонщиков должно найти подготовленный фронт работ, на котором уже установлены арматурные каркасы и опалубочные системы в проектное положение.

Выполнение этого условия позволяет работать без простоев. Достичь поставленной цели можно при использовании поточного метода строительства. По мнению автора равноритмичные строительные потоки являются наиболее эффективными в СМД.

В предлагаемой модели СМД сокращение сроков выполнения работ является основной задачей оптимизации потока. Сокращение сроков строительства обеспечило бы наиболее рациональное и производительное использование механизмов и рабочей силы благодаря максимальному насыщению количеством ресурсов фронта работы. Однако хочется отметить, что расчеты должны быть логичными и базироваться на количестве ресурсов, которые могут себе позволить строительные организации при выполнении объемов работ по потоку.

Для конкретного объекта проектирование поточного производства работ состоит из таких основных действий, как:

- определение частей здания под монтажные зоны, которые максимально схожи по объемам работ, планировке, конструкциям, этажности и технологии возведения;
- разбивание сложных работ в каждой монтажной зоне на простые процессы с максимально равной трудоемкостью;

- установление рациональной последовательности возведение объекта капитального строительства и синхронизация всех процессов, взаимосвязанных между собой, в общий совокупный поток.

- установление необходимого оснащения рабочих строительными приспособлениями и инструментами, что обеспечит высокопроизводительное выполнение процессов, закрепленных за комплексными бригадами.

Синхронизация процессов и разбиение сложных работ является предпосылкой непрерывности, что является одним из важных факторов в передовой организации строительства.

Технологической увязке строительных потоков при расчете и организации необходимо уделять особое внимание. Выполнение технологической увязки потоков состоит из следующих условий:

- работу на последующей захватке необходимо начинать с интервала (шага потока);

- допускается работать на одной захватке одной бригаде (звену) или несколькими бригадам (звеньям) с равным ритмом;

- все выполняемые виды работ на захватке остаются с неизменным фронтом работы (размер захватки не меняется);

- при выполнении всего комплекса работ на первой захватке, окончание работ на второй и последующих захватках должно выполняться строго с шагом потока.

При проектировании поточного производства работ наблюдается связь с типами конструкций и качеством их изготовления. Повышение качества работ и уменьшение сроков возведения конструкций можно достигнуть используя современные средства комплексной механизации, технологии и организации труда.

При строительстве зданий из монолитного железобетона, как правило, возводятся следующие конструкции:

- сваи и фундаментная полита (ростверк);

- вертикальные конструкции (стены, пилоны, колонны, ядра жесткости);

- горизонтальные конструкции (ригеля, балки, плиты перекрытия и покрытия).

Как показывает практика, объем бетона при устройстве монолитной железобетонной плиты (ростверка) составляет 8-12% от общего объема бетона, используемого при возведении всего здания. При возведении подземной части здания (а именно фундаментной плиты) обычно выделяется отдельный поток, при этом захватки и объемы на захватках чаще всего отличаются от принятых для строительства надземной части здания (в том числе и подземные этажи здания).

При организации поточного ведения работ предлагается объединить основные монолитные железобетонные конструкции подземных и надземных этажей в следующие группы :

1. Устройство вертикальных конструкций.
2. Устройство горизонтальных конструкций.
3. Изготовление лестничных маршей и площадок.
4. Ядро жесткости (лестнично-лифтовой узел).

Из выше изложенного хочется отметить, что для поточного возведения зданий в СМД применительны существующие методы организации строительных потоков. Несмотря на это СМД имеет свои существенные особенности:

1. Выделение монтажных зон.
2. Разбивка монтажной зоны на захватки.
3. Увязка строительных процессов.
4. Технологическая последовательность выполнения работ.

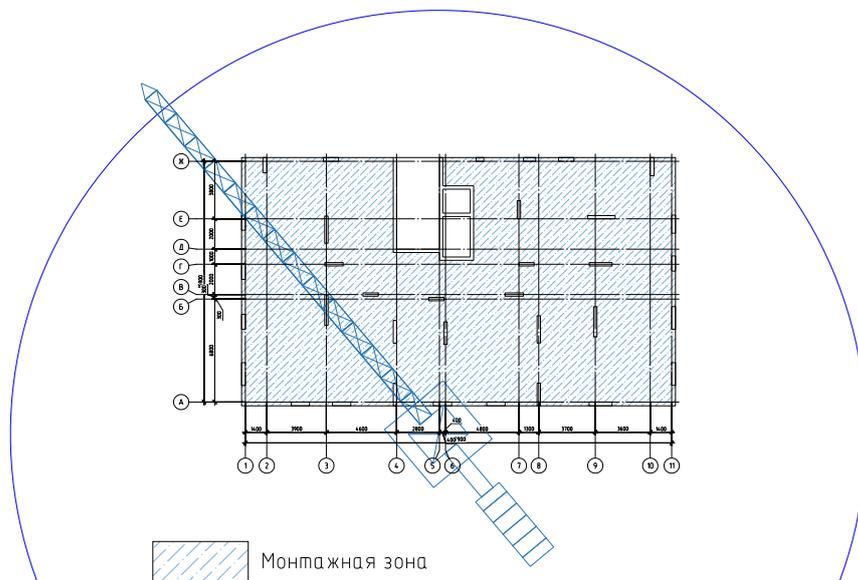
Выделение монтажных зон.

Рациональная организация и определение монтажных зон оказывает существенное влияние на безопасность выполнения работ и на сроки строительства. Под монтажной зоной понимается зона возводимого здания, обслуживаемая одним монтажным краном. Здания имеющие значительные

протяженности в плане имеют несколько монтажных зон, а здания точечного типа – одну монтажную зону (рис. 3.1).

Как показывает практика, величина монтажной зоны при строительстве здания в скоростном режиме в среднем составляет 600-1100 м<sup>2</sup>.

а)



б)

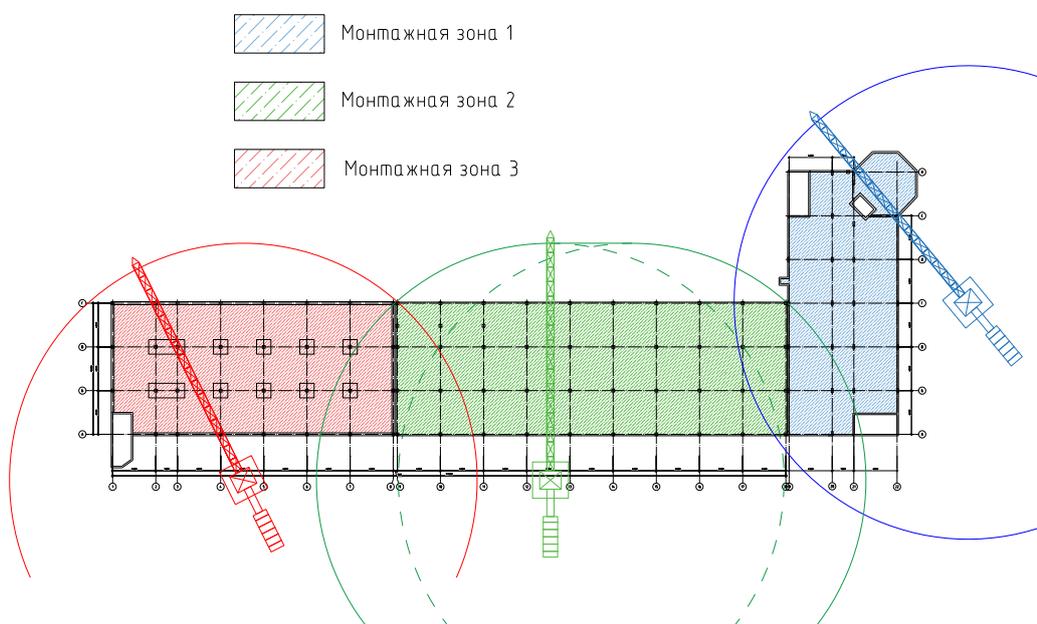


Рисунок 3.1 – Примеры деления на монтажные зоны: а) – для здания точечного типа (19-ти этажный многоквартирный жилой дом №3. Ульяновская область, г. Ульяновск, Засвияжский район, Московское шоссе.); б) – для здания протяженного в плане (Аэродромная база Ульяновск «Восточный»)

Разбивка монтажной зоны на захваты.

Особенности разбивки монтажных зон на захваты заключаются в следующем (рис. 3.2):

- все конструкции разделяются на вертикальные и горизонтальные для организации ритмичного потока без простоев;

- объем бетона, который принимается одним краном на монтажной зоне за сутки, является основным критерием при делении на захваты. Данный критерий зависит от конструкций, количества опалубки, количества и квалификации рабочей силы и сроков строительства.

- определяя захватку для вертикальных конструкций необходимо обеспечить фронт работ для последующего устройства горизонтальных конструкций, также следует учитывать дальнейшую расстановку элементов опалубки вертикальных конструкций для исключения лишних переборок;

- объемы бетона в конструкциях на захватках должны быть примерно одинаковыми;

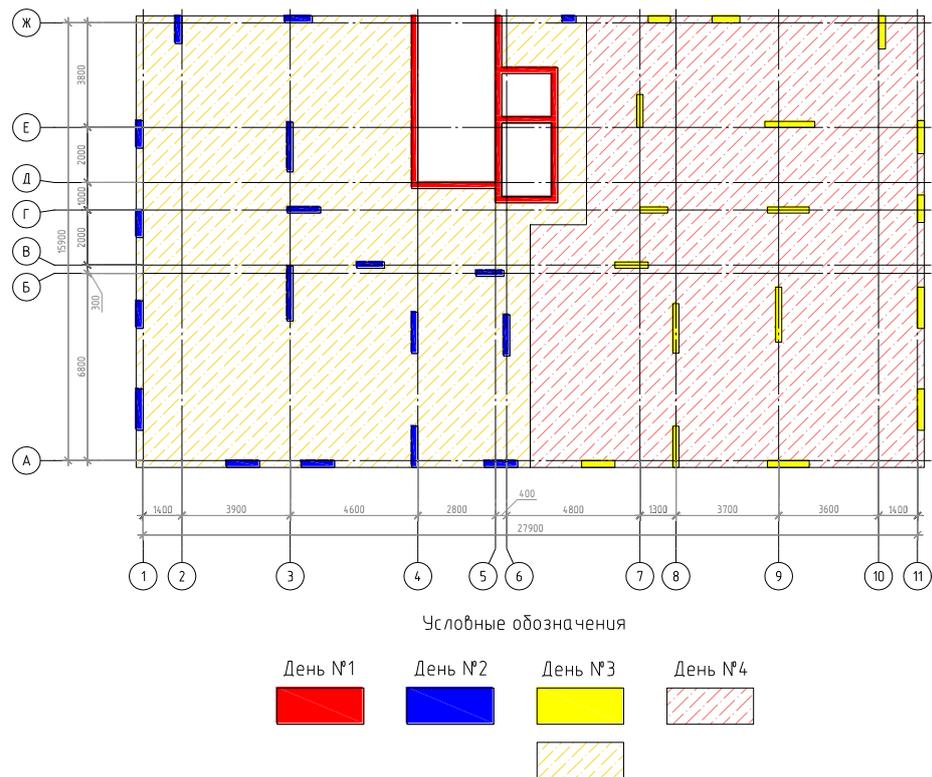
- каждая последующая захватка устройства горизонтальных конструкций должна перекрывать предыдущую захватку устройства вертикальных конструкций.

Предлагается использовать технологию возведения конструкций ступенчатым методом в СМД, а именно возведение стен и перекрытий осуществляются на разных монтажных горизонтах. За один день возводится одна захватка вертикальных конструкций (стены, пилоны) и одна захватка горизонтальных конструкций (перекрытие).

При СМД между монтажными горизонтами разница составляет один этаж.

Как сказано выше, захваты должны быть с максимально одинаковыми объемами и трудоемкостью. При этом, отклонение трудоемкости процессов на захватках не должны превышать 10-15%.

а)



б)

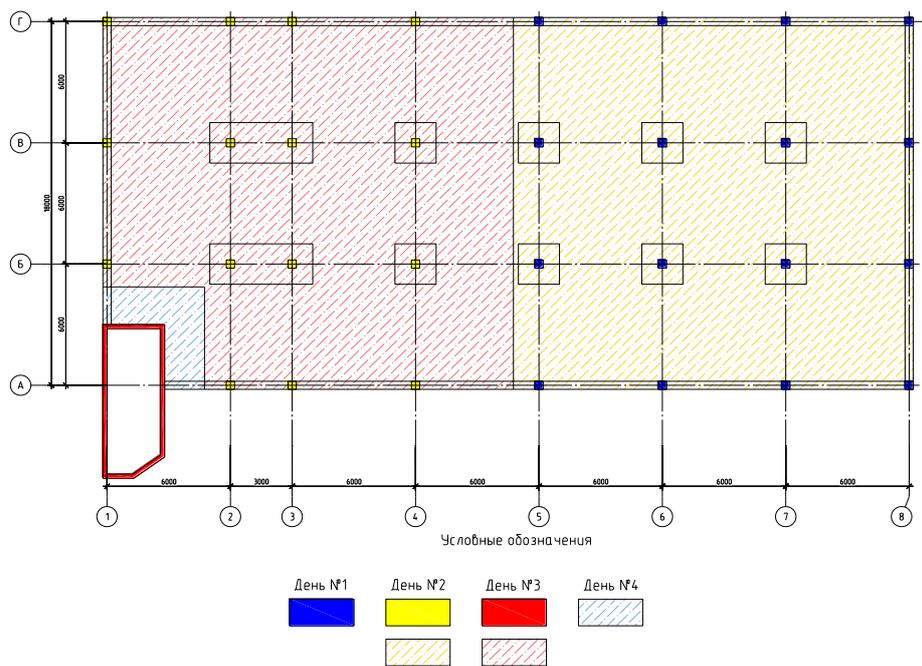


Рисунок 3.2 – Схемы разделения монтажных зон на захватки

При организации работ и разбивке объекта на захватки на монтажных горизонтах необходимо обеспечить беспрепятственный и удобный доступ рабочих к своим рабочим местам.

В поточном режиме, для бесперебойного и успешного ведения работ, необходимо комплектовать бригады арматурщиков, опалубщиков и

бетонщиков из условия, что объем работы выполняемых ими на каждой захватке был пропорциональным. Это условие позволит обеспечить ритмичный и планомерный выпуск законченных строительных конструкций. Бригада, нагоняя или опережая другую бригаду не получит требуемый фронт работ, что приведет к простоям. Оптимальный подбор численно-квалификационного состава рабочих позволит каждой из бригад выполнить заданный объем работ.

Увязка строительных процессов.

Каждому отдельному специализированному звену поручается выполнение своего простого процесса. Это звено сохраняет свой неизменный состав, продвигаясь равномерно по общему фронту работ. Переходит с одной захватки на другую, через равные промежутки времени, сменяя друг друга, тем самым образуя ритмичный поток. Первый по технологической последовательности процесс всегда выполняет первое звено, последнее звено оставляет за собой готовый конструктивный элемент по окончании работ.

Также допускается одновременное выполнение нескольких видов работ на каждой захватке, например такие виды как, арматурные и опалубочные работы для вертикальных конструкций.

Таким образом, получаем возможность вести работу одновременно на нескольких захватках, при этом стадии готовности находятся на разном этапе.

Тем самым мы получаем следующую примерную закономерность выполнения работ в условиях установившегося потока: на первой захватке выполняется армирование вертикальных конструкций, в это время на второй захватке устанавливается опалубка под плиту перекрытия, а когда на второй захватке выполняются опалубочные работы перекрытия, на первой захватке производится бетонирование вертикальных конструкций и т.д.

Технологическая последовательность выполнения работ.

При СМД на объектах предлагается иметь следующие специализированные звенья:

- арматурщики вертикальных конструкций (армирование вертикальных конструкций отдельными стержнями, установка готовых арматурных каркасов при помощи крана, вязка узлов сопряжений стен и каркасов, установка фиксаторов защитного слоя бетона, установка проволочных отсечек);

- опалубщики вертикальных конструкций (укрупнительная сборка щитов опалубки в карты на отдельные конструкции, смазка опалубки, установка опалубки, закрепление опалубки стяжными болтами и гайками, фиксация подкосов и выверка опалубки до бетонирования, окончательная выверка опалубки по завершению бетонирования, снятие опалубки с конструкций на предыдущей захватке, очистка и ремонт опалубки (в случае необходимости), смазка снятых щитов опалубки, установка щитов опалубки на следующей захватке);

- плотники (сборка и установка проеомобразователей стен, закрытие торцов при опалубочных работах на вертикальных конструкциях, обшивка настила фанерой на горизонтальной опалубке, обшивка настила доборными элементами, сборка и установка проеомобразователей перекрытия, установка и снятие отсечек из фанеры или досок, устройство опалубки индивидуального изготовления и доборов);

- опалубщики горизонтальных конструкций (монтаж опалубки перекрытия и ее выверка с геодезистами, демонтаж опалубки перекрытия на предыдущей захватке и установка страховочных элементов, очистка ламинированной фанеры, подача опалубки перекрытия на следующую захватку, монтаж опалубки перекрытия на новой захватке);

- арматурщики горизонтальных конструкций (установка готовых каркасов ригелей и балок, укладка отдельных стержней арматуры, установка фиксаторов защитного слоя бетона);

- звено по устройству лестничных площадок и маршей (монтаж балочно-стоечной опалубочной системы и ее выверка с геодезистами, обшивка фанерой настила, установка готовых арматурных каркасов балок для лестничной площадки, армирование из отдельных стержней арматуры, установка

фиксаторов защитного слоя бетона, установка опалубки из дерева на ступени, установка стоек переопирания);

- звено по устройству ядра жесткости (армирование ядра жесткости из отдельных стержней; установка стеновой опалубочной системы; бетонирование ядра жесткости; установка подъемных механизмов и подъем опалубочной системы);

- заготовщики арматуры (раскрой и гибка арматуры, изготовления хомутов, деталей и отсечек, вязка арматуры на шаблонах для стен, колонн, пилонов, балок и ригелей, изготовление элементов пространственных каркасов);

- бетонщики (укладка бетонной смеси в опалубочные системы, уплотнение бетонной смеси глубинными вибраторами, затирка и заглаживание бетонных поверхностей; устройство паро- теплоизоляции бетонной поверхности);

- отделочники по окончательной после распалубочной доводке бетона (ремонт сколов и раковин, очистка кромок закладных изделий от наплывов бетона, устранение дефектов граней и поверхностей изделий, заделка отверстий от стяжных болтов после снятия стеновой опалубки).

В тот момент, когда звено арматурщиков вертикальных конструкций монтируют готовые каркасы стен и колонн, звено опалубщиков вертикальных конструкций на предыдущей захватке осуществляют демонтаж, очистку и смазку щитов опалубки снятых с одной стороны забетонированных конструкций, после чего устанавливают их в проектное положение на последующей захватке. Тем временем, плотники устанавливают проемообразователи, тем самым подготавливая фронт работы для звена арматурщиков и опалубщиков вертикальных конструкций. Параллельно с плотниками, арматурщики вертикальных конструкций выполняют армирование стен из отдельных стержней, тем самым подготавливая фронт работы для звена опалубщиков (установка щитов опалубки со второй стороны стены) и бетонщиков.

В момент времени, когда плотники обшивают фанерой палубу, звено опалубщиков горизонтальных конструкций осуществляет демонтаж опалубочной системы перекрытия на предыдущей захватке, устанавливает страховочные элементы переопирания и подает опалубочную систему на следующую захватку.

### 3.2 Предложения по нормированию работ и формированию состава бригады в монолитном домостроении

Механическое резьбовое соединение арматуры является современной технологией и норма времени выполнения такой операции в ЕНиР и ГЭСН отсутствует [9, 12, 13].

Для определения затрат труда на установку арматуры с применением резьбовой муфты необходимо провести хронометраж рабочего времени.

В данной работе рассматривался непрерывный вид хронометража, в процессе которого замеряются все циклически повторяющиеся элементы оперативного времени в порядке их выполнения. Исследования выполнялись при устройстве реальных механических резьбовых соединений арматуры колонн. Для получения данных выполнялись прямые измерения основных операций.

В качестве объекта для проведения хронометража были выбраны монолитные здания жилого комплекса «ЮНОСТЬ» в г. Тольятти на пересечении улиц Горького и Ленина.

Установка арматуры с применением резьбовой муфты состоит из следующих процессов:

- 1) раскрой и торцевание арматурных стержней;
- 2) нарезка резьбы на арматурном стержне;
- 3) установка арматурного стержня с применением механической резьбовой муфты.

Хронометражные наблюдения проводились для каждого процесса партиями по 10 штук для установки арматурных стержней 22, 32 и 40 диаметров.

Процесс №1. Раскрой и торцевание арматурных стержней.

Технологический процесс по нарезке арматуры и торцовке состоит из следующих операций:

- подготовительные работы (наладка и настройка оборудования, подготовка материала и т. д.);
- перемещение арматуры на стол;
- подача арматуры в зону отрезки;
- торцевание (отрезка) арматуры;
- перемещение арматурного стержня до упора;
- торцевание (отрезка) арматуры;
- извлечение арматуры из зоны отрезки;
- перенос арматуры в зону складирования.

В подготовительных работах учтено время на наладку режущего оборудования и подготовку рабочего места в начале рабочего дня, замену расходных режущих материалов в течение смены, уборка рабочего места в конце смены, подготовку арматуры.

Таблица 3.1 - Хронометражные данные по нарезке и торцеванию арматуры диаметром 22 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
1	Подготовительные работы	22	3600
2	Перемещение арматуры на стол	22	9,5
3	Подача арматуры в зону отрезки	22	5,6
4	Торцевание (отрезка) арматуры	22	14,2
5	Перемещение арматурного стержня до упора	22	15,4
6	Торцевание (отрезка) арматуры	22	14,2
7	Извлечение арматуры из зоны отрезки	22	5,4
8	Перенос арматуры в зону складирования	22	9,8

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время на отрезку и торцевание одного арматурного стержня – 1,235 минут.

Затраты труда на отрезку и торцевание 100 арматурных стержней принять 2,35 чел.-ч.

Таблица 3.2 - Хронометражные данные по нарезке и торцеванию арматуры диаметром 32 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
1	Подготовительные работы	32	3600
2	Перемещение арматуры на стол	32	10,1
3	Подача арматуры в зону отрезки	32	5,6
4	Торцевание (отрезка) арматуры	32	19,6
5	Перемещение арматурного стержня до упора	32	15,9
6	Торцевание (отрезка) арматуры	32	19,6
7	Извлечение арматуры из зоны отрезки	32	5,4
8	Перенос арматуры в зону складирования	32	10,0

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время на отрезку и торцевание одного арматурного стержня – 1,437 минут.

Затраты труда на отрезку и торцевание 100 арматурных стержней принять 2,74 чел.-ч.

Таблица 3.3 - Хронометражные данные по нарезке и торцеванию арматуры диаметром 40 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
1	Подготовительные работы	40	3600
2	Перемещение арматуры на стол	40	12,3
3	Подача арматуры в зону отрезки	40	6,3
4	Торцевание (отрезка) арматуры	40	26,7
5	Перемещение арматурного стержня до упора	40	16,3
6	Торцевание (отрезка) арматуры	40	26,7
7	Извлечение арматуры из зоны отрезки	40	6,4
8	Перенос арматуры в зону складирования	40	11,1

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время на отрезку и торцевание одного арматурного стержня – 1,763 минут.

Затраты труда на отрезку и торцевание 100 арматурных стержней принять 3,36 чел.-ч.

Процесс №2. Нарезка резьбы на арматурном стержне.

Технологический процесс по нарезке резьбы на арматурном стержне состоит из следующих операций:

- подготовительные работы (наладка и настройка резьбонарезного оборудования, подготовка материала и т. д.);
- перенос арматуры на стол;
- подача арматуры в резьбонарезной станок;
- нарезка резьбы на торце 1;
- извлечение арматуры из резьбонарезного станка;
- разворот арматурного стержня;
- подача арматуры в резьбонарезной станок;
- нарезка резьбы на торце 2;
- извлечение арматуры из резьбонарезного станка;
- перенос арматуры в зону складирования;
- проверка готовой резьбы на арматурном стержне.

В подготовительных работах учтено время на наладку станка и подготовку рабочего места в начале рабочего дня, замену резцов и накатных роликов в течение смены, уборка рабочего места в конце смены, подготовку арматуры.

Таблица 3.4 - Хронометражные данные по нарезке резьбы на арматурном стержне диаметром 22 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
1	2	3	4
	Подготовительное время		
1	Подготовительные работы	22	3600
2	Контрольная операция	22	10,0
	Время изготовления одной заготовки		
2	Перенос арматуры на стол	22	9,5
3	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	5,6
4	Нарезка резьбы на торце 1	22	28,5
5	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,3

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4
6	Разворот арматурного стержня	22	6,9
7	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	5,6
8	Нарезка резьбы на торце 2	22	28,5
9	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,3
10	Перенос арматуры в зону складирования	22	10,0

Нарезанная резьба на арматурном стержне должна проходить контрольную проверку со следующей периодичностью: 1 проверка на 50 нарезок.

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время, затраченное на нарезку резьбы одного арматурного стержня с двух сторон – 1,76 минут.

Затраты труда на нарезку резьбы 100 арматурных стержней принять равным 3,36 чел.-ч.

Таблица 3.5 - Хронометражные данные по нарезке резьбы на арматурном стержне диаметром 32 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
Подготовительное время			
1	Подготовительные работы	22	3600
2	Контрольная операция	22	10,0
Время изготовления одной заготовки			
2	Перенос арматуры на стол	22	9,5
3	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	5,8
4	Нарезка резьбы на торце 1	22	37,1
5	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,4
6	Разворот арматурного стержня	22	7,1
7	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	5,8
8	Нарезка резьбы на торце 2	22	37,1
9	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,4
10	Перенос арматуры в зону складирования	22	11,2

Нарезанная резьба на арматурном стержне должна проходить контрольную проверку со следующей периодичностью: 1 проверка на 50 нарезок.

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время, затраченное на нарезку резьбы одного арматурного стержня с двух сторон – 2,073 минут.

Затраты труда на нарезку резьбы 100 арматурных стержней принять равным 3,96 чел.-ч.

Таблица 3.6 - Хронометражные данные по нарезке резьбы на арматурном стержне диаметром 40 мм

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
	Подготовительное время		
1	Подготовительные работы	22	3600
2	Контрольная операция	22	10,0
	Время изготовления одной заготовки		
2	Перенос арматуры на стол	22	10,0
3	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	6,1
4	Нарезка резьбы на торце 1	22	45,4
5	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,4
6	Разворот арматурного стержня	22	7,6
7	Подача арматуры в резьбонарезной станок	22	6,1
8	Нарезка резьбы на торце 2	22	45,4
9	Извлечение арматуры из резьбонарезного станка	22	5,4
10	Перенос арматуры в зону складирования	22	12,0

Нарезанная резьба на арматурном стержне должна проходить контрольную проверку со следующей периодичностью: 1 проверка на 50 нарезок.

Время на подготовительные работы – 60 минут.

Время, затраченное на нарезку резьбы одного арматурного стержня с двух сторон – 2,39 минут.

Затраты труда на нарезку резьбы 100 арматурных стержней принять равным 4,57 чел.-ч.

Процесс №3. Установка арматурного стержня с применением механической резьбовой муфты.

Технологический процесс по установке арматурного стержня с применением механической резьбовой муфты состоит из следующих операций:

- подготовительные работы (проверка динамометрического ключа, подготовка арматурных выпусков, контрольная проверка и т. д.);

- подача партии заготовленных арматурных стержней;
- накручивание резьбовой муфты на заготовленный арматурный выпуск;
- установка арматурного стержня в муфту с последующим закручиванием;
- затягивание узла до контрольного усилия затяжки;
- проверка качества сборки соединения.

В подготовительных работах учтено время на подготовку динамометрического ключа, муфт, арматурных выпусков, подготовку рабочего места в начале рабочего дня, уборка рабочего места в конце смены.

Контрольная операция по установке резьбового соединения включает в себя визуальную проверку чистоты резьбы муфт и выпусков арматурных стержней, проверку сборки и усилие затяжки. Контрольная проверка проводится для каждого стыка.

Таблица 3.7 - Хронометражные данные по установке арматурного стержня диаметром 22 мм с применением механической резьбовой муфты

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
	Подготовительное время		
1	Подготовительные работы	22	1800
2	Подача партии заготовленных арматурных стержней	22	1320
	Время сборки одного стыка		
3	Накручивание резьбовой муфты на заготовленный арматурный выпуск	22	24
4	Установка арматурного стержня в муфту с последующим закручиванием	22	189
5	Затягивание узла до контрольного усилия затяжки	22	53
6	Контрольная операция	22	21

Время на подготовительные работы – 52 минуты.

Время на сборку одного стыка при помощи резьбовой муфты – 4,78 минут.

Затраты труда на сборку 100 стыков при помощи арматурных стержней принять равным 8,93 чел.-ч.

Таблица 3.8 - Хронометражные данные по установке арматурного стержня диаметром 32 мм с применением механической резьбовой муфты

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
	Подготовительное время		
1	Подготовительные работы	32	1800
	Время сборки одного стыка		
2	Подача партии заготовленных арматурных стержней	32	1320
3	Накручивание резьбовой муфты на заготовленный арматурный выпуск	32	26
4	Установка арматурного стержня в муфту с последующим закручиванием	32	205
5	Затягивание узла до контрольного усилия затяжки	32	64
6	Контрольная операция	32	21

Время на подготовительные работы – 52 минуты.

Время на сборку одного стыка при помощи резьбовой муфты – 5,26 минут.

Затраты труда на сборку 100 стыков при помощи арматурных стержней принять равным 9,83 чел.-ч.

Таблица 3.9 - Хронометражные данные по установке арматурного стержня диаметром 40 мм с применением механической резьбовой муфты

№ п/п	Наименование операции	Диаметр, мм	Время, сек
	Подготовительное время		
1	Подготовительные работы	40	1800
2	Подача партии заготовленных арматурных стержней	40	1320
	Время сборки одного стыка		
3	Накручивание резьбовой муфты на заготовленный арматурный выпуск	40	27
4	Установка арматурного стержня в муфту с последующим закручиванием	40	222
5	Затягивание узла до контрольного усилия затяжки	40	71
6	Контрольная операция	40	21

Время на подготовительные работы – 52 минуты.

Время на сборку одного стыка при помощи резьбовой муфты – 5,68 минут.

Затраты труда на сборку 100 стыков при помощи арматурных стержней принять равным 10,67 чел.-ч.

При стыковании арматуры при помощи механических резьбовых муфт предлагается использовать следующие затраты труда.

Состав работ:

1. Раскрой и торцевание арматурных стержней.
2. Нарезка резьбы на арматурном стержне.
3. Установка арматурного стержня с применением механической резьбовой муфты.

Измеритель: 100 шт. стыков

Таблица 3.10 – Предлагаемые трудозатраты при стыковании арматуры при помощи механических резьбовых муфт

Шифр ресурса	Наименование элементов затрат	Ед. измер.	Диаметр до 25 мм	Диаметр до 32 мм	Диаметр до 40 мм
1	Затраты труда рабочих-строителей	Чел.-ч.	14,64	16,53	18,6
1.1	Средний разряд работы		3,1	3,1	3,1
2	Затраты труда машинистов	Чел.-ч.	0,58	0,58	0,58

### 3.3 Разработка модели календарного планирования скоростного строительства объекта в монолитном домостроении

Предложенная в работе организационно-технологическая модель возведения многоэтажных зданий с применением монолитного железобетона в скоростном режиме представлена на примере 20-ти этажного жилого дома.

Таблица 3.11 – Варианты организационно-технологических моделей строительства зданий с монолитным каркасом

№ п/п	Вид работ	Вариант 1. Здание возводится согласно предложенной организационно-технологической модели в скоростном режиме	Вариант 2. Здание возводится с традиционной технологией в обычном режиме
1	Армирование (см. п. 2.1)	При стыковании арматуры вертикальных конструкций используется механическое соединение арматуры при помощи резьбовых муфт. Муфтовое соединение применяется как при армировании отдельными стержнями.	При стыковании арматуры вертикальных конструкций используется соединение при помощи ванной сварки.
	Опалубка: а) горизонтальных конструкций (см. п. 2.2)	В качестве опалубочной системы используется столовая опалубка перекрытий. На монтажном настиле осуществляется изготовление столов, после чего столы подаются на монтажную отметку краном Сборка столов осуществляется один раз, на земле. Столы перемещают краном используя вилочный захват, по этажу столы перемещают используя монтажную тележку.	В качестве опалубочной системы используется традиционная балочно-стоечная опалубочная система.

Продолжение таблицы 3.11

2	б) вертикальных конструкций (см. п. 2.2)	В качестве опалубочной системы используется самоподъемная опалубочная система при возведении ядра жесткости (лестнично-лифтовой узел). Устройство ядра жесткости осуществляется с опережением в два этажа.	В качестве опалубочной системы используется крупнощитовая опалубка вертикальных конструкций.
3	Бетонирование и уход за бетоном (см. п. 2.3)	В данном варианте учтены рекомендации по выдерживанию и интенсификации. В летнее время требуемая прочность бетона к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций достигается за счет прогрева бетона. В зимнее время требуемая прочность бетона к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций достигается за счет основного прогрева бетона. К моменту значимого нагружения прочность бетона достигается за счет последующего после распалубливания выдерживания бетона в тепляке и догреве.	В данном варианте к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций промежуточная прочность бетон достигается за счет естественного приобретения в летнее время, а в зимнее время требуемая прочность к моменту распалубливания и бетонирования вышележащих конструкций достигается за счет прогрева.
4	Организационно-технологические решения	Количество захваток - 3. Каждому отдельному специализированному звену поручается выполнение своего простого процесса. Звено переходит с одной захватки на другую, через равные промежутки времени, сменяя друг друга, тем самым образуя ритмичный поток. Ядро жесткости и лестничные марши возводятся самостоятельными звеньями.	Количество захваток - 6. Последовательное выполнение работ. Каждая работа выполняется своим звеном и не совмещается со смежными процессами.

Сравнение вариантов выполняется на примере 20-ти этажного жилого дома.

Общая площадь этажа: 844,2м<sup>2</sup>.

Основные вертикальные несущие конструкции: стены и колонны.

Основные горизонтальные несущие конструкции: безбалочное перекрытие.

Процентное соотношение бетона горизонтальных и вертикальных конструкций: 20% вертикальных и 80% горизонтальных.

$$\sum V = \sum V_{\text{верт}} + \sum V_{\text{гориз}} = 38,8\text{ м}^3 + 161,8\text{ м}^3 = 200,6\text{ м}^3 \quad (3.1)$$

Общий объем бетона на этаже: 200,6м<sup>3</sup>.

Общий объем бетона на этаже приведен без учета объемов устройства монолитных лестничных маршей так, как эти работы могут вестись независимо от основных процессов по возведению несущего монолитного каркаса здания, и

на скорость возведения этажа здания не влияют. Работы по устройству лестничных маршей в общей последовательности работ не рассматриваются.

Общий объем бетона надземной части здания: 4012м<sup>3</sup>.

Для обоих вариантов строительства принята технология переопирания перекрытия страховочными стойками и рабочий день 24 часа с 2-мя сменами по 12 часов с 1 выходным в неделю.

Вариант 1. Здание возводится согласно предложенной организационно-технологической модели в скоростном режиме.

Строительство согласно предложенной модели с использованием норм времени ЕНиР 1987 [12, 13], а также полученных для механического соединения арматуры с использованием резьбовых муфт.

Количество захваток по вертикальным и горизонтальным конструкциям - 3 (рис. 3.3), объемы работ по возведению монолитного каркаса здания, численно – квалификационный состав бригад, нормы времени, продолжительность и характер выполнения работ представлены в табличной части календарного графика (Приложение А) при строительстве 1-го этажа.

Общая последовательность производства работ:

а) в дневную смену (с 08:00 до 20:00):

- армирование вертикальных конструкций из отдельных стержней;
- установка пространственных и плоских арматурных каркасов вертикальных конструкций;

- установка и демонтаж опалубки стеновых опалубочных систем;

- установка опалубочной системы перекрытия;

б) в ночную смену (с 20:00 до 08:00):

- армирование плиты перекрытия из отдельных стержней;
- демонтаж опалубочной системы перекрытия;
- бетонирование вертикальных и горизонтальных конструкций бадьями и бетононасосом соответственно.

в) самостоятельный поток устройства монолитного ядра жесткости в самоподъемной опалубочной системе:

- армирование из отдельных стержней;
- установка стеновой опалубочной системы;
- бетонирование ядра жесткости;
- установка подъемных механизмов и подъем опалубочной системы.

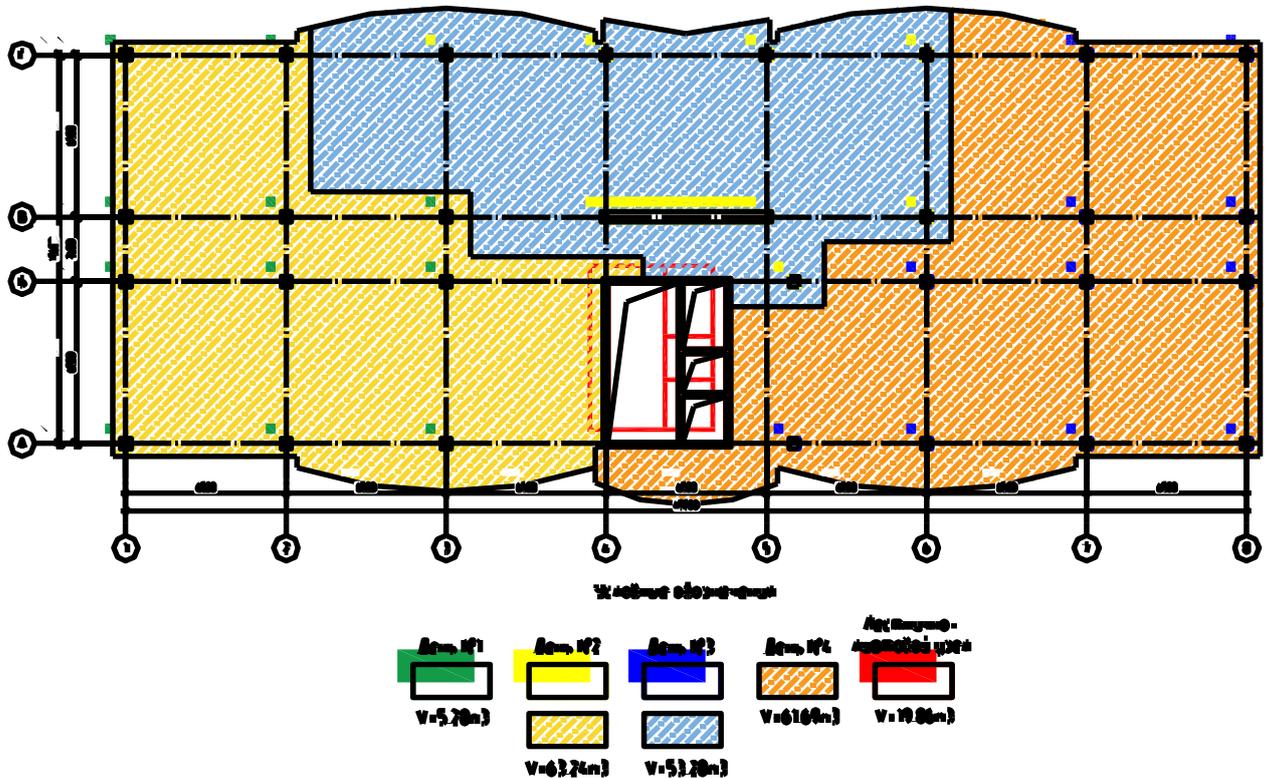


Рисунок 3.3 - Вариант 1. Здание возводится согласно предложенной организационно-технологической модели в скоростном режиме

Особенности организации производства работ следующие:

- На предыдущей захватке осуществляется демонтаж опалубочной системы вертикальных конструкций и подается на следующую захватку для дальнейшего установки. Установка опалубочной системы и армирование вертикальных конструкций производится параллельно с отставанием на 2-3 часа.

- На предыдущей захватке, где осуществляется демонтаж опалубочной системы вертикальных конструкций, с небольшим отставанием производится установка опалубочной системы перекрытия. Армирование перекрытия

начинается сразу после завершения установки опалубки перекрытия (параллельно с бетонированием вертикальных конструкций).

- После выставления опалубочной системы вертикальных конструкций производится бетонирование этих конструкций бадьями. Бетонирование горизонтальных конструкций производится бетононасосом и начинается после окончания бетонирования вертикальных конструкций.

- После завершения производства бетонных работ выполняются работы по выдерживанию бетона и его уходом. Выдерживание бетона в опалубке для вертикальных конструкций осуществляется в течении 8 часов (в том числе 8 часов без совмещения с другими работами, до начала первой смены), а для горизонтальных конструкций осуществляется в течение 48 часов ( 24 часа без совмещения с другими работами, до начала первой смены следующего дня).

Представленный цикл производства работ повторяется до завершения производства монолитных работ.

В бригадах устанавливается следующее распределение работ:

- звено арматурщиков вертикальных конструкций выполняют установку плоских и пространственных каркасов и вязку отдельных арматурных стержней;

- звено опалубщиков вертикальных конструкций выполняют установку опалубочной системы на вертикальные конструкции и ее демонтаж;

- звено бетонщиков выполняют сначала бетонирование вертикальных конструкций, а затем горизонтальных (оператор бетононасоса используется только при бетонировании горизонтальных конструкций).

Вариант 2. Здание возводится с традиционной организацией и технологией в обычном режиме.

Строительство с традиционной организацией и технологии с использованием норм времени ЕНиР 1987 [12, 13].

Количество захваток – 6 (рис. 3.4) ,объёмы работ по возведению монолитного каркаса здания, численно-квалификационный состав бригад, нормы времени, продолжительность и характер совмещения работ

представлены в табличной части календарного графика (Приложение Б при строительстве 1-го этажа).

Общая последовательность производства работ:

а) в дневную смену (с 08:00 до 20:00):

- армирование вертикальных конструкций стен и пилонов из отдельных стержней;
- установка опалубочной системы вертикальных конструкций;
- установка и демонтаж опалубочной системы горизонтальных конструкций;

б) в ночную смену (с 20:00 до 08:00):

- демонтаж опалубочной системы вертикальных конструкций;
- армирование горизонтальных конструкций из отдельных стержней;
- бетонирование вертикальных и горизонтальных конструкций с помощью бадьи и бетононасоса соответственно.

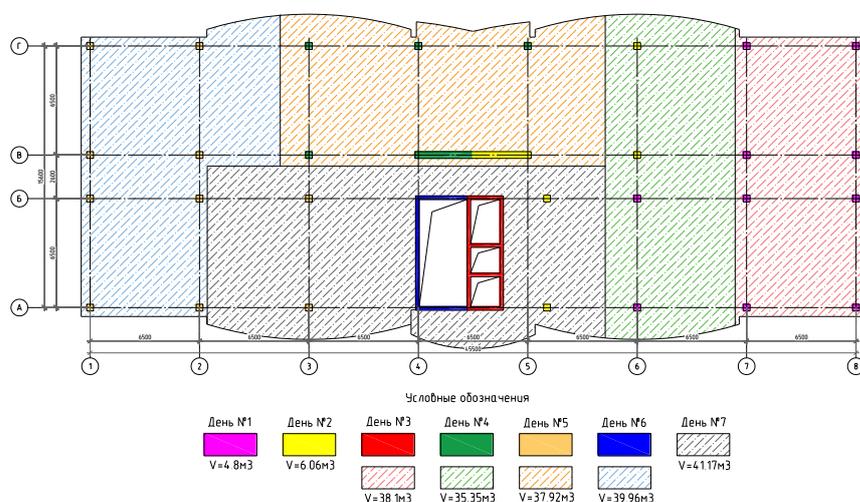


Рисунок 3.4 - Вариант 2. Здание возводится с традиционной организацией и технологией в обычном режиме

Особенности организации производства работ следующие:

- Последовательное выполнение работ. Каждая работа выполняется своим звеном и не совмещается со смежными процессами. Данная последовательность производства работ является наиболее традиционной и распространенной.

- После завершения производства бетонных работ выполняются работы по выдерживанию бетона и его уходом. Выдерживание бетона для вертикальных конструкций без совмещения с другими работами осуществляется в течении 24 часов (в том числе 12 часов в опалубке), до начала первой смены, а для горизонтальных конструкций осуществляется в течение 72 часов без совмещения с другими работами (в том числе 72 часа в опалубке), до начала первой смены через 3 дня.

При данной технологии работы по бригадам распределяются согласно условию: специализированные звенья должны выполнять только по одной операции (каждое звено выполняет свою операцию). Например, при выполнении арматурных работ на вертикальных конструкциях армирование стен отдельными стержнями выполняется одним звеном, а параллельно другое звено арматурщиков выполняет армирование пилонов, монтаж опалубочных систем выполняется одним звеном, а демонтаж выполняется другим, бетонирование стен и пилонов выполняется одним звеном, а плиты перекрытия – другим.

### 3.4 Оценка предлагаемой технологии строительства в монолитном домостроении

В данной работе оценка эффективности вариантов строительства выполнена на основе календарного планирования. Календарное планирование выполнено в программном комплексе Microsoft Project 2016 на основные виды работ по возведению надземной части здания из монолитного железобетона.

Данные сравнения вариантов строительства по трудоемкости сведены в таблицы (таблице 3.12 для 1-го варианта и 3.13 для 2-го варианта)

Таблица 3.12 – Данные по затратам людских ресурсов варианта 1

№ п/п	Название ресурса	Трудозатраты, час	Кол-во людей на объекте	Сменность
1	2	3	4	5
	Основной этаж			
	Арматурщики	250	18	
1	Арматурщик В.К. 5р	20	4	День

Продолжительность таблицы 3.12

1	2	3	4	5
2	Арматурщик В.К. 2р	20	4	Ночь
3	Арматурщик Г.К. 4р	105	5	Ночь
4	Арматурщик Г.К. 2р	105	5	Ночь
	Опалубщики	169	7	
5	Опалубщик В.К. 4р	23	1	День
6	Опалубщик В.К. 3р	23	1	День
7	Опалубщик В.К. 2р	23	1	День
8	Опалубщик Г.К. 4р	50	2	День-ночь
9	Опалубщик Г.К. 2р	50	2	День-ночь
	Бетонщики	132	12	
10	Бетонщик 4р	66	6	Ночь
11	Бетонщик 2р	66	6	Ночь
	Электрики	264	4	
12	Электрик 3р	264	4	День-ночь
	Такелажники	12	2	
13	Такелажник Г.О. 2р	12	2	День
14	Итого:	827	43	
	ядро жесткости			
15	Рабочий Я.Ж. 5р	1012	4	День-ночь

Таблица 3.13 – Данные по затратам людских ресурсов варианта 2

№ п/п	Название ресурса	Трудозатраты, час	Кол-во людей на объекте	Сменность
1	2	3	4	5
	Арматурщики	936	22	
1	Арматурщик В.К. колонн 5р	252	3	День
2	Арматурщик В.К. колонн 2р	252	3	День
3	Арматурщик В.К. стен 5р	96	3	День
4	Арматурщик В.К. стен 2р	96	3	День
5	Арматурщик Г.К. 4р	120	5	Ночь
6	Арматурщик Г.К. 2р	120	5	Ночь
	Опалубщики	900	16	
7	Опалубщик В.К. колонн 4р	82	1	День
8	Опалубщик В.К. колонн 3р	82	1	День
9	Опалубщик В.К. стен 4р	96	2	День
10	Опалубщик В.К. стен 3р	96	2	День
11	Опалубщик Д. В.К. колонн 3р	24	1	Ночь
12	Опалубщик Д. В.К. колонн 2р	136	1	Ночь
13	Опалубщик Д. В.К. стен 3р	96	1	Ночь
14	Опалубщик Д. В.К. стен 2р	96	1	Ночь
15	Опалубщик Г.К. 4р	96	3	День
16	Опалубщик Г.К. 2р	96	3	День
	Плотники	78	2	
17	Плотник Г.К. 3р	39	1	День
18	Плотник Г.К. 2р	39	1	День
	Бетонщики	404	6	

Продолжение таблицы 3.13

1	2	3	4	5
19	Бетонщик В.К. 4р	152	1	Ночь
20	Бетонщик В.К. 2р	152	1	Ночь
21	Бетонщик Г.К. 4р	50	2	Ночь
22	Бетонщик Г.К. 2р	50	2	Ночь
	Электрики	1 008	2	
23	Электрик 3р	1 008	2	День-ночь
24	Итого:	3326	48	

Трудоемкость представлена на целое число часа, независимо от фактического значения времени выполнения работы.

Сравнение вариантов строительства зданий из монолитного железобетона представлено в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Сводная таблица сравнения вариантов

№п/п	Показатели	Ед. изм.	Вариант 1 (предлагаемый СМД)	Вариант 2 (обычный)
1	Объем монолитных работ на этаже	м <sup>3</sup>	200,6	
2	Трудозатраты	чел.-ч	2012	3326
3	Продолжительность выполнения монолитных работ	дни	3	6
4	Общее количество рабочих	чел	56	48
5	Выработка	1м <sup>3</sup> /чел × день	2,62	1,45

Выработка по 1-му варианту одного метра кубического рабочим за день определяется по формуле:

$$V_{\text{день}} = \frac{V_{\text{бет.эт}}}{T_{\text{р.з}}} = \frac{200,6}{76,625} = 2,618 \text{ м}^3 / \text{чел.} \times \text{день} \quad (3.2)$$

$$T_{\text{р.з.}} = \frac{1839 \text{ часа}}{24 \text{ часа}} = 76,625 \text{ чел.} \times \text{день} \quad (3.3)$$

Где  $T_{\text{р.з.}}$  – трудозатраты, чел.-день.

$V_{\text{бет.эт}}$  - объем бетона на этаже.

Выработка по 2-му варианту одного метра кубического рабочим за день определяется по формуле:

$$V_{\text{день}} = \frac{V_{\text{бет.эт}}}{T_{\text{р.з}}} = \frac{200,6}{138,59} = 1,447 \text{ м}^3 / \text{чел.} \times \text{день} \quad (3.4)$$

$$T_{p.z.} = \frac{3326 \text{ часа}}{24 \text{ часа}} = 138,59 \text{ чел.} \times \text{день} \quad (3.5)$$

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что предлагаемая модель скоростного строительства зданий из монолитного железобетона (вариант 1) имеет преимущества по сравнению с традиционным методом (вариант 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа отечественного и зарубежного опыта строительства зданий из монолитного железобетона выявлено:

- направления развития организации и технологии опалубочных, арматурных и бетонных процессов в СМД;
- необходимость введения новых норм времени на выполнение работ и численно-квалификационных составов рабочих в СМД.

2. Разработана организационно-технологическая модель возведения зданий в СМД, которая включает принципы:

- определение монтажных зон и деление их на захватки;
- движение трудовых ресурсов по захваткам;
- назначение совмещения строительных процессов и их продолжительность.

Представленные решения в СМД позволяют выполнять строительство в ритмичном потоке без простоев.

3. Предложены решения по опалубочным, арматурным и бетонным работам, позволяющим сократить трудоемкость выполнения работ.

4. Предложены принципы ухода за бетоном и его выдерживания в СМД, обеспечивающие требуемую интенсивность набора прочности бетона к моменту распалубливания и значительного нагружения.

5. Разработаны новые нормы времени выполнения арматурных работ с применением современных технических средств.

6. В результате технико-экономического расчета на основе сравнения моделей возведения зданий из монолитного железобетона выявлено, что при строительстве зданий по варианту 1 (предлагаемый вариант СМД), по сравнению с традиционной моделью, сокращается продолжительность в строительстве в два раза, снижаются затраты труда, затраты на аренду оборудования и техники. При сокращении строительства ввод здания в эксплуатацию осуществляется раньше, тем самым принося прибыль.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акимова, В.П. Монолитное строительство – достоинства и проблемы [Текст] / В.П. Акимова // Европейский союз ученых. -2015, с. 29-31.
2. Байдыханова, М.Б. Анализ основных принципов выбора комплекта опалубок для монолитного домостроения [Текст] / М.Б. Байдыханова, Ж.Ш. Муханбетжанова, И.З. Кашкинбаев // Academy. -2018, с. 21-29.
3. Бетон прочнее. Европейский обзор [Текст] / Строительная газета. - 2002. -№19.-с. 12.
4. Гаусс, К.С. Изменение прочности бетона в ходе изотермического прогрева [Текст] / К.С. Гаусс // 60-я университетская научно-техническая конференция студентов и молодых ученых. -2014, с. 108-110.
5. Гаусс, К.С. Монолитное строительство [Текст] / К.С. Гаусс, Д.И. Мокшин // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики // - 2017.
6. ГОСТ 10922-2012. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия. – Введ. 2013-07-01. – М. : Изд-во стандартиформ, 2013.
7. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – Введ. 1983-07-01. – М. : Изд-во стандартиформ, 2009.
8. ГОСТ Р 52085-2003. Опалубка. Общие технические условия. – Введ. 2003-06-01. – М. : Изд-во Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003.
9. ГЭСН-2001-06. Часть 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. – Введ. 2000-05-01. – М. : Изд-во Госстрой России, 2000.
10. Давиденко, А.Ю. Современные методы интенсификации прогрева бетона [Текст] / А.Ю. Давиденко // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. -2013, с. 38-39.
11. Дудин, М.О. Барабанщиков Ю.Г. Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом

[Текст] / М.О. Дудин, Н.И. Ватин // Инженерно-строительный журнал. -2015, с. 33-45.

12. ЕНиР. Сборник Е1. Внутривозрастные транспортные работы. Госстрой СССР. - М. : Изд-во стройиздат, 1986.

13. ЕНиР. Сборник Е4. Выпуск 1. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Госстрой СССР. - М. : Изд-во стройиздат, 1987.

14. Зиневич, Л.В. Некоторые организационно-технологические вопросы выдерживания монолитных конструкций различной массивности с применением ранней распалубки [Текст] / Л.В. Зиневич // Технологии бетонов, 2009, №3, с. 67-68.

15. Зиневич, Л.В. Скоростное монолитное домостроение: условия достижения высоких темпов строительства и качества бетона получаемых конструкций [Текст] / Л.В. Зиневич, А.В. Галумян // Бетон и железобетон. - 2009, №5, с. 23-26.

16. Коренченко, С.С. К вопросу об отдельных проблемах и направлениях развития монолитного домостроения в РФ [Текст] / С.С. Коренченко, Д.А. Комаров, А.А. Руденко // Технические науки. Теория и практика: материалы II международной научно-практической конференции. -2017, с. 40-45.

17. Коренченко, С.С. К оценке и эффективности механического соединения металлической арматуры [Текст] / С.С. Коренченко, Д.А. Комаров, А.А. Руденко // Электронный журнал «Наука и образование: новое время». - 2017, №6.

18. Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования [Текст] / Б.М. Красновский. – М. : ГАСИС, 2004.

19. Красновский, Б.М. Как остывать бетону [Текст] / Б.М. Красновский // Технологии бетонов. -2009. -№4,-с.58-61.

20. Крылов, Б.А. Монолитное строительство, его состояние и перспективы совершенствования [Текст] / Б.А. Крылов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012, с. 35-38.

21. Коклюгина, Л.А. Технология и организация строительства высотных многофункциональных зданий: учеб. метод. Пособие [Текст] / Л.А. Коклюгина [и др.]. – М. : Изд-во Казанск. гос. архи-тект.-строит. ун-та, 2016. – 116 с.
22. Никоноров, С.В. Технология раннего нагружения монолитных перекрытий при использовании балочно-стоечной опалубки [Текст] / С.В. Никоноров, О.А. Тарасова // Инженерно-строительный журнал. 2010, с. 17-20.
23. Новое в технологии возведения монолитных зданий и сооружений / Справочное и учебное пособие [Текст] / В.Д. Копылов [и др.]. – М. : «НОУ «СтройПерсонал», 2007. -212 с.
24. Руководство по опалубочным системам НОЕ ШАЛЬТЕХНИК. - Германия, 2010. -272с.
25. Руководство по монтажу и применению опалубочных систем «Хюннебек». - Германия, 2003.
26. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях [Текст] / Б.А. Крылова [и др.]. – М. : РААСН, НИИЖБ. -Москва, 2005. -с.275.
27. Семененкова, Ю.Ю. Сравнительный анализ технологий монолитного, панельного домостроения и строительства зданий из мелкогабаритных элементов (кирпича) [Текст] / Ю.Ю. Семененкова, А.А. Константинова // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке. -2014, с. 45-47.
28. Соколов, Г.К. Технология и организация строительства [Текст] / Г.К. Соколов. – М. : Издательский центр «Академия». -2006.- 528с.
29. Стешникова, О.В. Обогрев бетонных конструкций греющих опалубок [Текст] / О.В. Стешникова // Современные научные исследования и разработки. -2017, с. 297-300.
30. Теличенко, В.И. Лапидус А.А Технология строительных процессов [Текст] / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лапидус. – М. : Высш. шк.; 2007. -512с.
31. ТУ 4842-001-99187742-2015. Механические соединения арматуры CONCON. – Введ. 2012-03-12. - ООО «ЭкоСТройПроект», 2012. – 18 с.

32. Усов, Б.А. Интенсификация твердения пропариваемого бетона введением ускорителей твердения [Текст] / Б.А. Усов, М.Д. Савин // Вестник московского государственного открытого университета. Москва. серия: техника и технология. -2013, с. 60-65.

33. Цыбакин, С.В. Сравнение опалубочных систем при устройстве монолитных конструкций [Текст] / С.В. Цыбакин, Н.Н. Буякова // Труды костромской государственной сельскохозяйственной академии 2017. – 2017, с. 53-57.

34. Abramovich, L.A. The efficiency potential of organizational, technological and managerial solutions for non-destructive quality control methods in the construction of monolithic reinforced concrete structures [text] / L.A. Abramovich, B.T. Khasanbievich // International journal of applied engineering research. – 2016.

15. Ahuja H.N. et al. Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Project. 2-nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

16. Joseph J.Waddell, Joseph A. Dobrowolski, «Concrete Construction Handbook», 1998.

35. Koval, S.B. Analysis of various media concrete penetrating ability depending on different factors affecting water absorption [text] / S.B. Koval, M.N. Kagan // International conference on industrial engineering, icie 2017.

36. Pilcher R. Principles of Construction Management. London: McGraw-Hill International (UK), 1992.

37. Yudina, A., Oganyan R. Technology of winter concreting of monolithic constructions with application of heating cable [text] / A. Yudina, R. Oganyan // architecture and engineering. – 2017, 43-48.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Линейный график возведения объекта по 1-му варианту

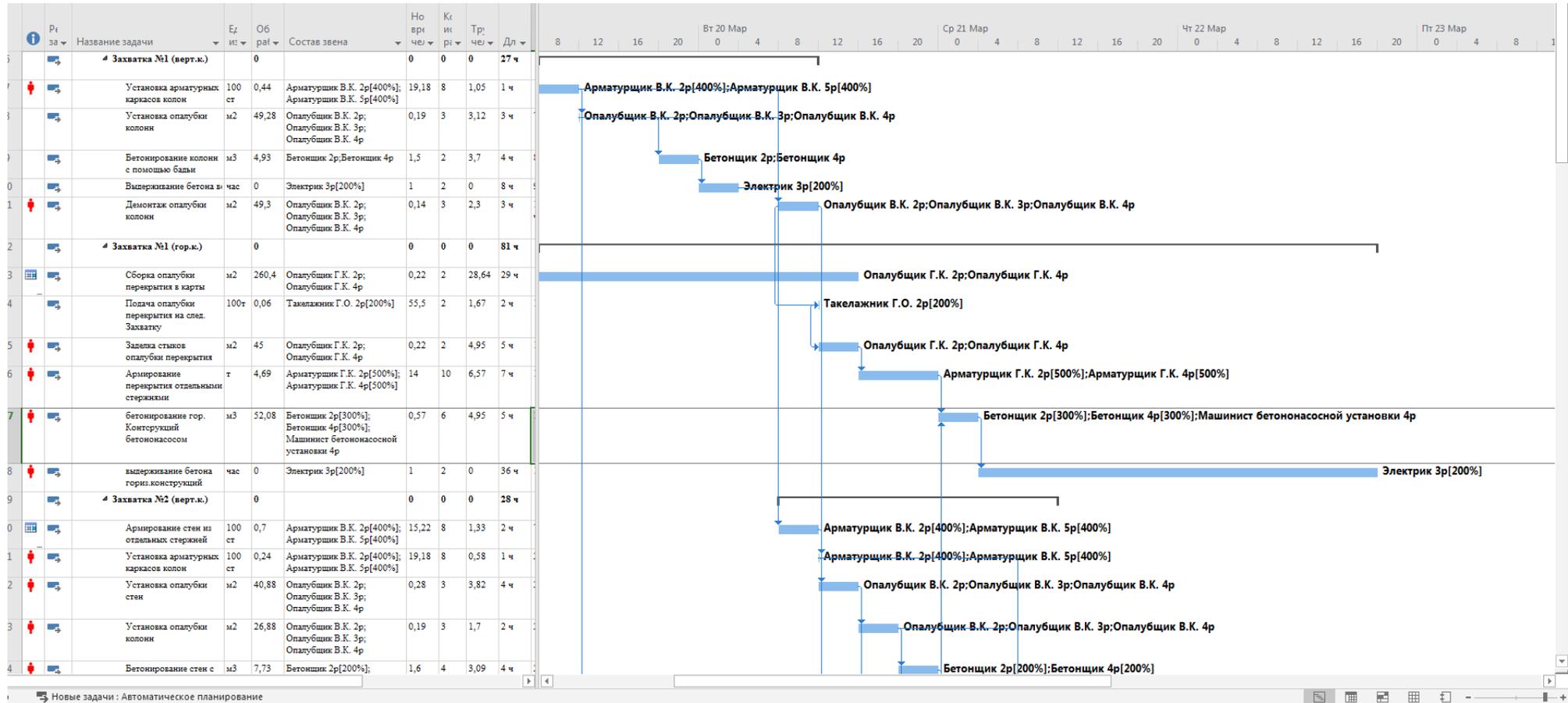


Рисунок П.А.1 – Этаж 1. Захватка 1

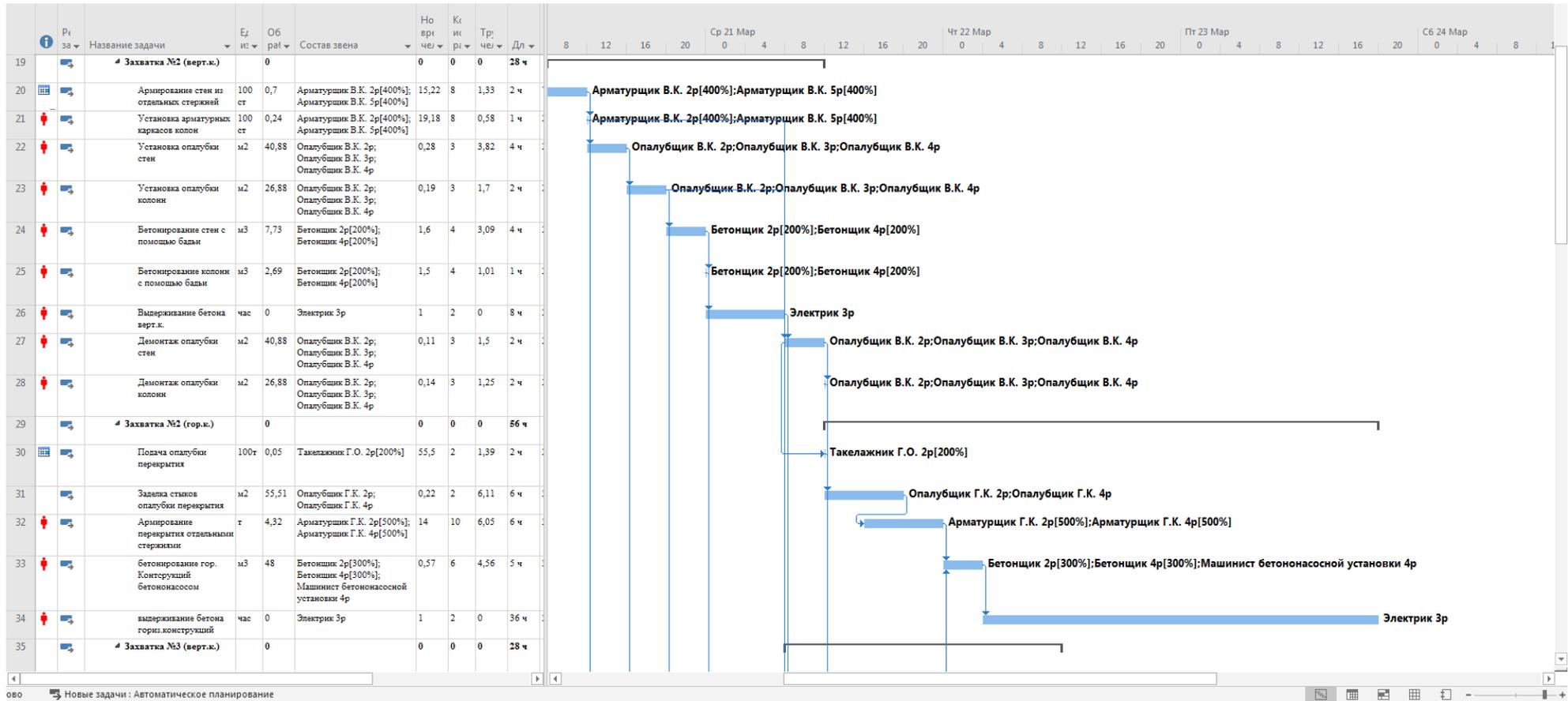


Рисунок П.А.2 – Этаж 1. Захватка 2

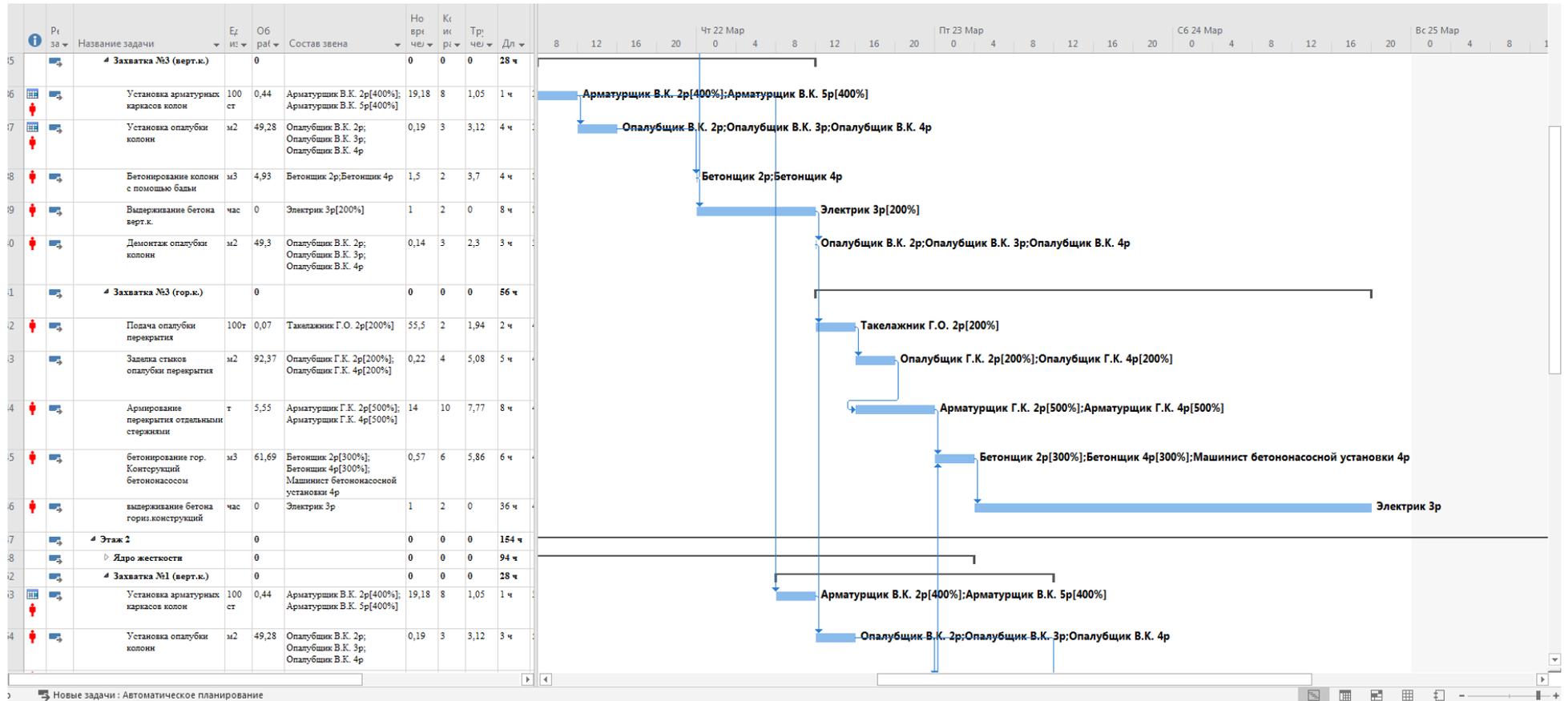


Рисунок П.А.3 – Этаж 1. Захватка 3

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Линейный график возведения объекта по 2-му варианту

	Режим задачи	Название задачи	Ед. изм.	Объем работ	Состав звена	Норма времен чел.-ч.	Количество используемых рабочих	Трудоза: чел.-ч.	Длитель
1		▲ Этаж 1		0		0	0	0	285 ч
2		▲ Захватка №1 (верт.к.)		0		0	0	0	44 ч
3		Установка арматуры стержней колонн диаметром 40мм	т	1,82	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%]; Арматурщик В.К. колонн 5р[300%]	30,36	6	9,21	10 ч
4		Установка опалубки колонн	м2	44,8	Опалубщик В.К. колонн 3р; Опалубщик В.К. колонн 4р	0,19	2	4,26	5 ч
5		Бетонирование колонн с помощью бады	м3	4,48	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,5	2	3,36	4 ч
6		Выдерживание бетона верт.к.	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	24 ч
7		Демонтаж опалубки колонн	м2	44,8	Опалубщик Д. В.К. колонн 2р; Опалубщик Д. В.К. колонн 3р	0,14	2	3,14	4 ч
8		▲ Захватка №1 (гор.к.)		0		0	0	0	119 ч
9		Установка опалубки перекрытия	м2	205,8	Опалубщик Г.К. 2р[300%]; Опалубщик Г.К. 4р[300%]	0,22	6	7,55	8 ч
10		Армирование перекрытия отдельными стержнями	т	3,7	Арматурщик Г.К. 2р[500%]; Арматурщик Г.К. 4р[500%]	14	10	5,18	6 ч
11		бетонирование гор. Конструкций бетононасосом	м3	41,16	Машинист бетононасосной установки 4р Бетонщик Г.К. 2р[200%]; Бетонщик Г.К. 4р[200%]	0,57	4	5,87	3 ч
12		выдерживание бетона гориз.конструкций	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	72 ч
13		Демонтаж опалубки перекрытия	м2	205,8	Плотник Г.К. 2р;Плотник Г.К. 3р	0,09	2	9,26	10 ч
14		▲ Захватка №2 (верт.к.)		0		0	0	0	60 ч
15		Установка арматуры стержней колонн диаметром 40мм	т	0,73	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%]; Арматурщик В.К. колонн 5р[300%]	30,36	6	3,69	4 ч
16		Армирование стен из отдельных стержней диаметром 25мм	т	0,98	Арматурщик В.К. стен 2р[300%]; Арматурщик В.К. стен 5р[300%]	30,36	6	4,96	5 ч

Рисунок П.Б.1 – Этаж 1. Захватка 1. Табличная часть календарного графика

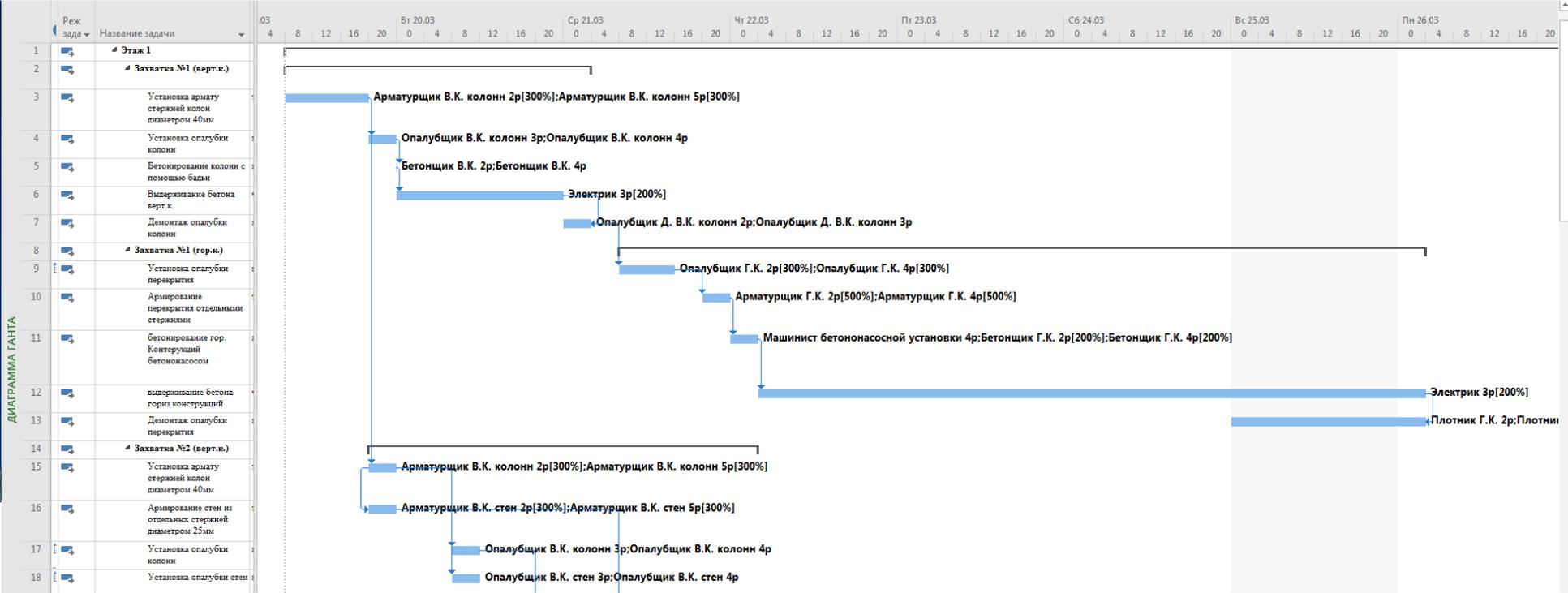


Рисунок П.Б.2 – Этаж 1. Захватка 1. Графическая часть календарного графика

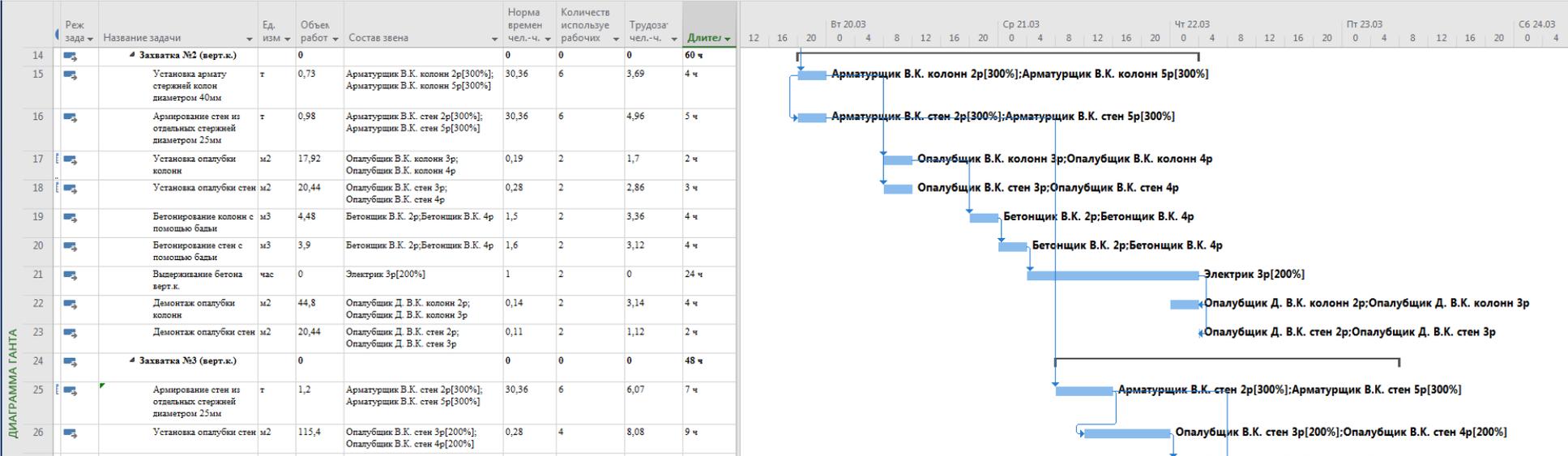


Рисунок П.Б.3 – Этаж 1. Захватка 2

Продолжение приложения Б

	Реж зада	Название задачи	Ед. изм	Объем работ	Состав звена	Норма времен чел.-ч.	Количество используемых рабочих	Трудозаг чел.-ч.	Длитель
		<b>Захватка №3 (верт.к.)</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48 ч</b>
		Армирование стен из отдельных стержней диаметром 25мм	т	1,2	Арматурщик В.К. стен 2р[300%]; Арматурщик В.К. стен 5р[300%]	30,36	6	6,07	7 ч
		Установка опалубки стен	м2	115,4	Опалубщик В.К. стен 3р[200%]; Опалубщик В.К. стен 4р[200%]	0,28	4	8,08	9 ч
		Бетонирование стен с помощью бады	м3	11,54	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,6	2	9,23	10 ч
		Выдерживание бетона верт.к.	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	24 ч
		Демонтаж опалубки стен	м2	115,4	Опалубщик Д. В.К. стен 2р; Опалубщик Д. В.К. стен 3р	0,11	2	6,35	7 ч
		<b>Захватка №3 (гор.к.)</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>112 ч</b>
		Установка опалубки перекрытия	м2	128,67	Опалубщик Г.К. 2р[300%]; Опалубщик Г.К. 4р[300%]	0,22	6	4,72	5 ч
		Армирование перекрытия отдельными стержнями	т	2,32	Арматурщик Г.К. 2р[500%]; Арматурщик Г.К. 4р[500%]	14	10	3,25	4 ч
		бетонирование гор. Конструкций бетононасосом	м3	25,73	Машинист бетононасосной установки 4р Бетонщик Г.К. 2р[200%];Бетонщик Г.К.	0,57	4	3,67	4 ч
		выдерживание бетона гориз.конструкций	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	72 ч
		Демонтаж опалубки перекрытия	м2	128,67	Плотник Г.К. 2р;Плотник Г.К. 3р	0,09	2	5,79	6 ч
		<b>Захватка №4 (верт.к.)</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>46 ч</b>
		Установка армату	т	0,73	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%];	30,36	6	3,69	4 ч

ДИАГРАММА ГАНТА

Рисунок П.Б.4 – Этаж 1. Захватка 3. Табличная часть календарного графика

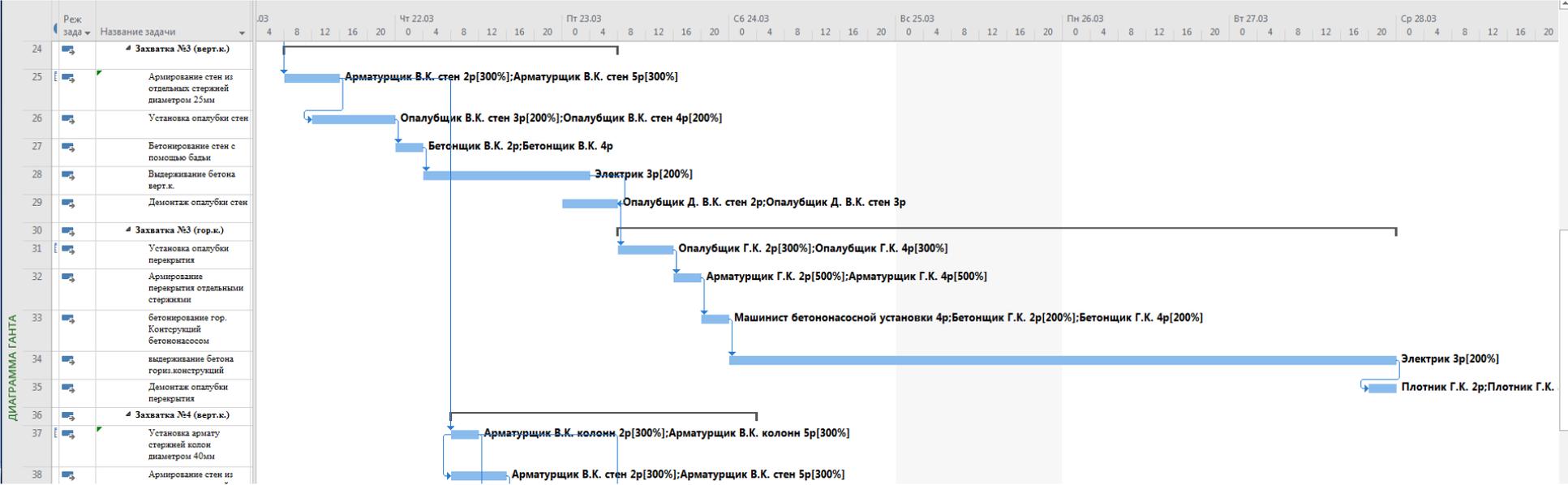


Рисунок П.Б.5 – Этаж 1. Захватка 3. Графическая часть календарного графика

Продолжение приложения Б

Реж. зада	Название задачи	Ед. изм	Объем работ	Состав звена	Норма времен чел.-ч.	Количество используемых рабочих	Трудозат чел.-ч.	Длитель
36	Захватка №4 (верт.к.)		0		0	0	0	46 ч
37	Установка арматуры стержней колонн диаметром 40мм	т	0,73	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%]; Арматурщик В.К. колонн 5р[300%]	30,36	6	3,69	4 ч
38	Армирование стен из отдельных стержней диаметром 25мм	т	0,98	Арматурщик В.К. стен 2р[300%]; Арматурщик В.К. стен 3р[300%]	30,36	6	4,96	5 ч
39	Установка опалубки колонн	м2	17,92	Опалубщик В.К. колонн 3р; Опалубщик В.К. колонн 4р	0,19	2	1,7	2 ч
40	Установка опалубки стен	м2	20,44	Опалубщик В.К. стен 3р; Опалубщик В.К. стен 4р	0,28	2	2,86	3 ч
41	Бетонирование колонн с помощью бады	м3	4,48	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,5	2	3,36	4 ч
42	Бетонирование стен с помощью бады	м3	3,9	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,6	2	3,12	4 ч
43	Выдерживание бетона верт.к.	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	24 ч
44	Демонтаж опалубки колонн	м2	44,8	Опалубщик Д. В.К. колонн 2р; Опалубщик Д. В.К. колонн 3р	0,14	2	3,14	4 ч
45	Демонтаж опалубки стен	м2	20,44	Опалубщик Д. В.К. стен 2р; Опалубщик Д. В.К. стен 3р	0,11	2	1,12	2 ч
46	Захватка №4 (гор.к.)		0		0	0	0	117 ч
47	Установка опалубки перекрытия	м2	146,43	Опалубщик Г.К. 2р[300%]; Опалубщик Г.К. 4р[300%]	0,22	6	5,37	6 ч
48	Армирование перекрытия отдельными стержнями	т	2,64	Арматурщик Г.К. 2р[500%]; Арматурщик Г.К. 4р[500%]	14	10	3,7	4 ч
49	бетонирование гор. Конструкций бетононасосом	м3	29,29	Машинист бетононасосной установки 4р Бетонщик Г.К. 2р[200%]; Бетонщик Г.К. 4р[200%]	0,57	4	4,17	5 ч
50	выдерживание бетона гориз.конструкций	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	72 ч
51	Демонтаж опалубки перекрытия	м2	146,43	Плотник Г.К. 2р;Плотник Г.К. 3р	0,09	2	6,59	7 ч
52	Захватка №5 (верт.к.)		0		0	0	0	68 ч
53	Установка арматуры стержней колонн диаметром 40мм	т	1,82	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%]; Арматурщик В.К. колонн 5р[300%]	30,36	6	9,21	10 ч

Рисунок П.Б.6 – Этаж 1. Захватка 4. Табличная часть календарного графика

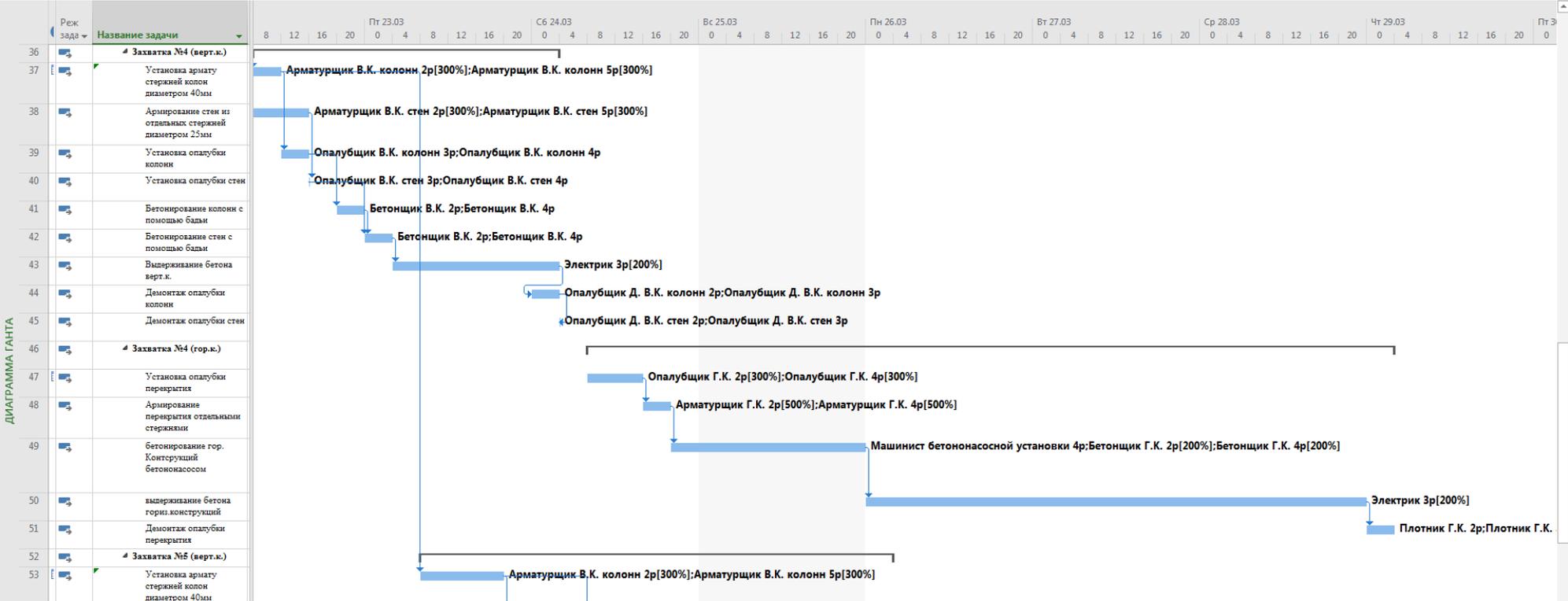


Рисунок П.Б.7 – Этаж 1. Захватка 4. Графическая часть календарного графика

Продолжение приложения Б

ДИАГРАММА ГАНТА	Реж зада	Название задачи	Ед. изм	Объем работ	Состав звена	Норма времен чел.-ч.	Количество используемых рабочих	Трудоза: чел.-ч.	Длитель	
		Захватка №5 (верт.к.)		0			0	0	0	68 ч
		Установка арматуры стержней колонн диаметром 40мм	т	1,82	Арматурщик В.К. колонн 2р[300%]; Арматурщик В.К. колонн 5р[300%]	30,36	6	9,21	10 ч	
		Установка опалубки колонн	м2	44,8	Опалубщик В.К. колонн 3р; Опалубщик В.К. колонн 4р	0,19	2	4,26	5 ч	
		Бетонирование колонн с помощью бады	м3	4,48	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,5	2	3,36	4 ч	
		Выдерживание бетона верт.к.	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	24 ч	
		Демонтаж опалубки колонн	м2	44,8	Опалубщик Д. В.К. колонн 2р; Опалубщик Д. В.К. колонн 3р	0,14	2	3,14	4 ч	
		Захватка №5 (гор.к.)		0		0	0	0	97 ч	
		Установка опалубки перекрытия	м2	165,6	Опалубщик Г.К. 2р[300%]; Опалубщик Г.К. 4р[300%]	0,22	6	6,07	7 ч	
		Армирование перекрытия отдельными стержнями	т	2,98	Арматурщик Г.К. 2р[500%]; Арматурщик Г.К. 4р[500%]	14	10	4,17	5 ч	
		бетонирование гор. Конструкций бетононасосом	м3	33,12	Машинист бетононасосной установки 4р Бетонщик Г.К. 2р[200%];Бетонщик Г.К.	0,57	4	4,72	5 ч	
		выдерживание бетона гориз.конструкций	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	72 ч	
		Демонтаж опалубки перекрытия	м2	165,6	Плотник Г.К. 2р;Плотник Г.К. 3р	0,09	2	7,45	8 ч	
		Захватка №6 (верт.к.)		0		0	0	0	66 ч	
		Армирование стен из отдельных стержней диаметром 25мм	т	0,65	Арматурщик В.К. стен 2р[300%]; Арматурщик В.К. стен 5р[300%]	30,36	6	3,29	4 ч	

Рисунок П.Б.8 – Этаж 1. Захватка 5. Табличная часть календарного графика

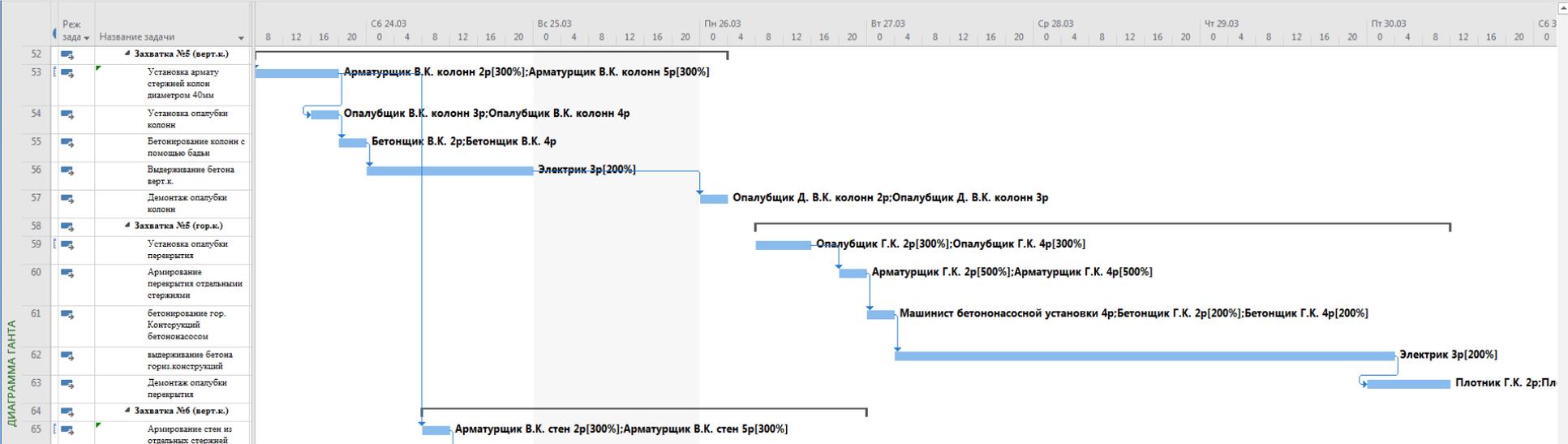


Рисунок П.Б.9 – Этаж 1. Захватка 5. Графическая часть календарного графика

Продолжение приложения Б

	Реж зада	Название задачи	Ед. изм	Объем работ	Состав звена	Норма времен чел.-ч.	Количес т используе рабочих	Трудоза: чел.-ч.	Длитель
64		<b>Захватка №6 (верт.к.)</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>66 ч</b>
65		Армирование стен из отдельных стержней диаметром 25мм	т	0,65	Арматурщик В.К. стен 2р[300%]; Арматурщик В.К. стен 5р[300%]	30,36	6	3,29	4 ч
66		Установка опалубки стен	м2	70	Опалубщик В.К. стен 3р; Опалубщик В.К. стен 4р	0,28	2	9,8	10 ч
67		Бетонирование стен с помощью бабьи	м3	7	Бетонщик В.К. 2р;Бетонщик В.К. 4р	1,6	2	5,6	6 ч
68		Выдерживание бетона верт.к.	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	24 ч
69		Демонтаж опалубки стен	м2	70	Опалубщик Д. В.К. стен 2р; Опалубщик Д. В.К. стен 3р	0,11	2	3,85	4 ч
70		<b>Захватка №6 (гор.к.)</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>93 ч</b>
71		Установка опалубки перекрытия	м2	162,3	Опалубщик Г.К. 2р[300%]; Опалубщик Г.К. 4р[300%]	0,22	6	5,95	6 ч
72		Армирование перекрытия отдельными стержнями	т	2,92	Арматурщик Г.К. 2р[500%]; Арматурщик Г.К. 4р[500%]	14	10	4,09	5 ч
73		бетонирование гор. Конструкций бетононасосом	м3	32,46	Машинист бетононасосной установки 4р Бетонщик Г.К. 2р[200%];Бетонщик Г.К.	0,57	4	4,63	5 ч
74		выдерживание бетона гориз.конструкций	час	0	Электрик 3р[200%]	1	2	0	72 ч
75		Демонтаж опалубки перекрытия	м2	162,3	Плотник Г.К. 2р;Плотник Г.К. 3р	0,09	2	7,3	8 ч

ГРАММА ГАНТА

Рисунок П.Б.10 – Этаж 1. Захватка 6. Табличная часть календарного графика

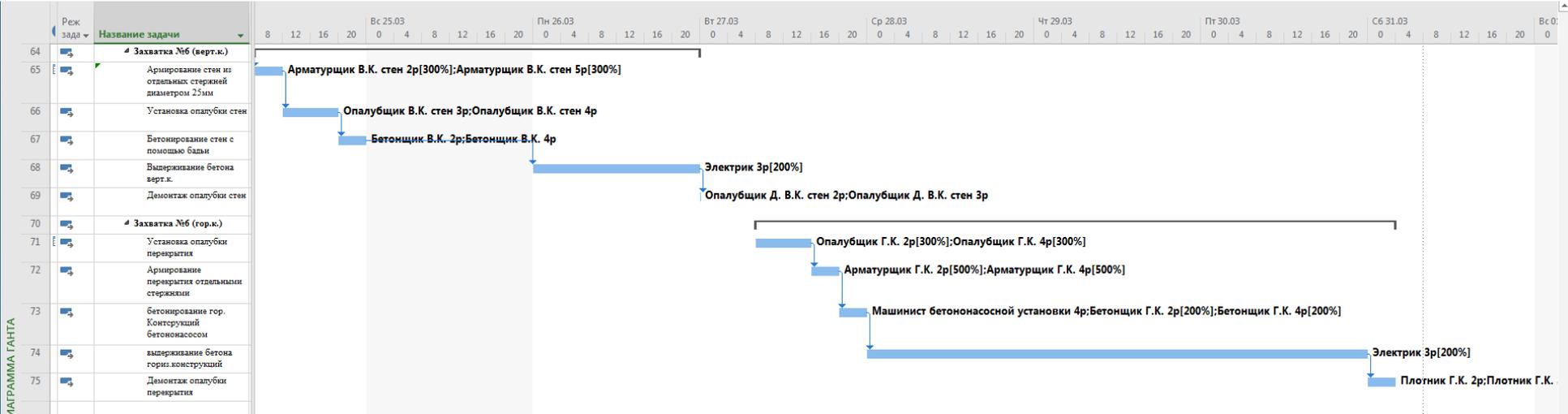


Рисунок П.Б.11 – Этаж 1. Захватка 6. Графическая часть календарного графика